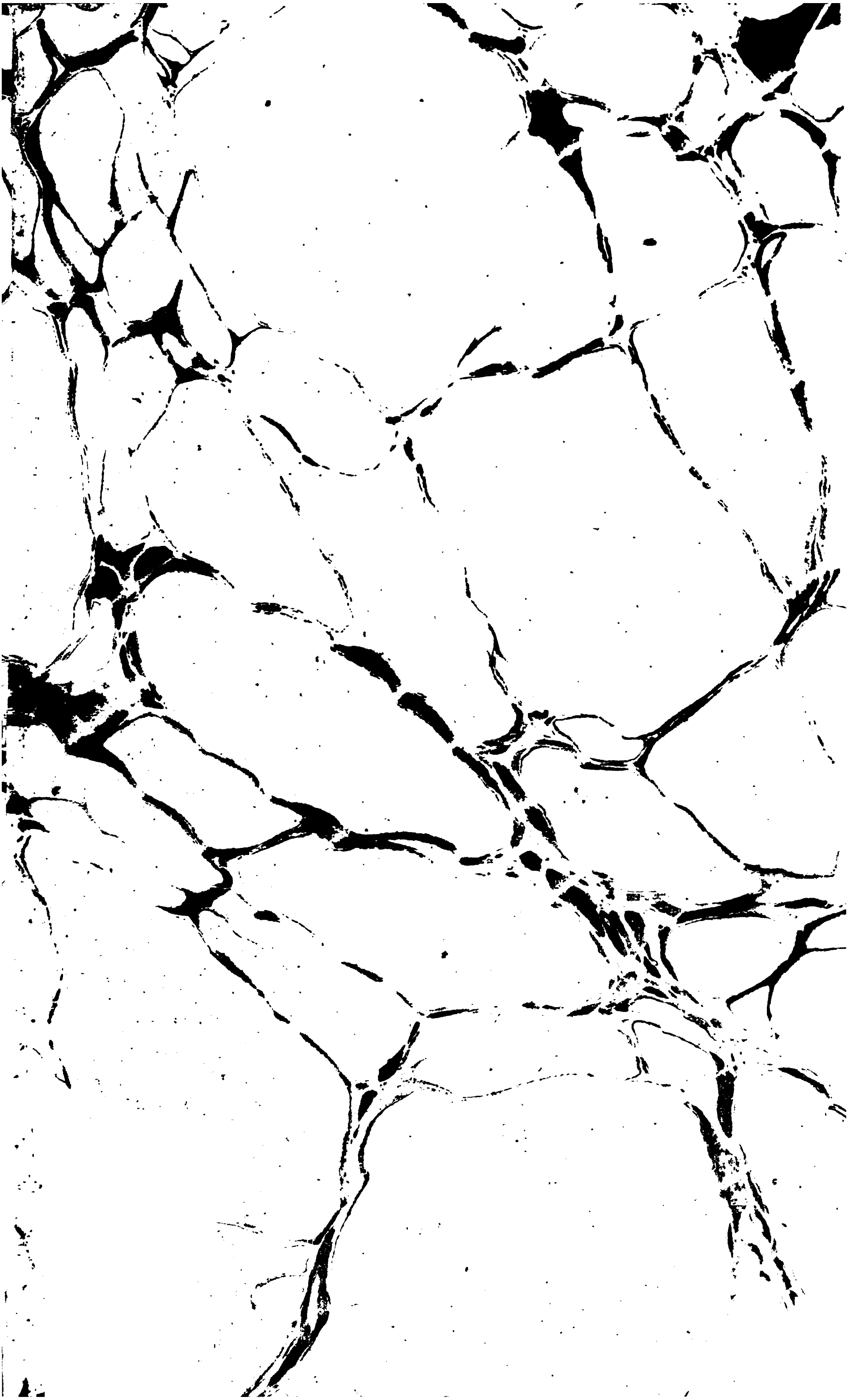


ANNALES

DU

CONSERVATOIRE

DES ARTS ET MÉTIERS.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS.

ANNALES

DU

CONSERVATOIRE

DES ARTS ET MÉTIERS,

PUBLIÉES PAR LES PROFESSEURS.

2e SÉRIE. — TOME X.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1898

ANNALES
DU
CONSERVATOIRE
DES ARTS ET MÉTIERS.

L'ARCHITECTURE MODERNE.

CONFÉRENCE

FAITE AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS,
LE DIMANCHE 9 JANVIER 1898,

Par M. Lucien MAGNE,
Architecte du Gouvernement,
Professeur à l'École nationale des Beaux-Arts.

MESDAMES, MESSIEURS,

Je voudrais défendre devant vous l'Architecture moderne, dont on a beaucoup médit.

On lui a reproché d'être un composé de tous les styles, de n'avoir aucune originalité, aucun caractère propre; on a contesté même son existence : voyons si ces reproches sont fondés.

Et tout d'abord, si l'Architecture est l'expression des idées et des mœurs d'une époque, peut-on espérer pour une époque troublée comme la nôtre une expression claire.

Avec la Révolution française a commencé un nouvel ordre social, où la part faite à l'individualisme a toujours été grandissant, tandis que tendaient à se réduire l'importance et l'autorité des associations professionnelles. Sans se soucier des conditions nouvelles qui modifiaient la production artistique,

les personnes les plus étrangères à notre art vont répétant que notre siècle n'a pas de style. C'est bientôt dit : mais les mêmes personnes ne manqueraient pas de crier au plagiat si, de nos jours, un artiste, trouvant une œuvre belle, se croyait le droit d'en reproduire les dispositions et les formes.

C'est pourtant ainsi que se sont formés les styles aux siècles précédents. L'architecte qui, dans l'Ile-de-France, utilisant les essais imparfaits de ses devanciers, imaginait de rendre indépendants les arcs de pierre portant les remplissages d'une voûte, et en déduisait un système de construction organique, répartissant les poussées des arcs sur des contreforts de section suffisante, reportant les charges sur des piles et trouant les murs pour laisser passer la lumière, avait derrière lui une légion d'imitateurs. Voyez à Paris et dans sa banlieue des monuments à peu près contemporains, l'église de Saint-Julien-le-Pauvre, le chœur de Saint-Leu d'Esserent, les nefs des églises de Beaumont, de Champagne, de Nesles, de Santeuil, de Taverny, de Bougival et de tant d'autres églises. Vous constaterez que le type, une fois créé, a été reproduit sans changement notable; vous reconnaîtrez dans chaque travée la colonne robuste dont le chapiteau soutient les colonnettes des grandes voûtes, les arcs des murs latéraux et la retombée des voûtes de bas-côtés. Le décor lui-même, si varié qu'il vous paraisse, n'est que l'interprétation libre de la flore de nos bois ou de nos champs. Les profils des moulures caractérisent encore l'unité de style qui résulte de l'effacement des individus.

Voulez-vous un autre exemple? Remontez plus haut encore, à une époque d'art aussi nettement caractérisée que celle de l'art français au moyen âge. Étudiez en Grèce, ou dans les colonies grecques, les monuments de l'art dorien, et dites si le type primitif n'a pas été conservé dans ses dispositions essentielles à Corinthe comme à Égine, à Olympie comme à Sounion, au Théséion comme au Parthénon. Ne retrouvez-vous pas dans cette admirable série, que termine le chef-d'œuvre de l'art antique, la même forme générale des supports, les mêmes divisions et le même décor de l'entablement? Ce qui distingue ces monuments les uns des autres, c'est surtout l'affinement

des profils, l'épuration des formes et le caractère conventionnel ou réaliste des sculptures.

Notre nouvel état social diffère absolument et de la société antique et de la société du moyen âge. Nous n'avons ni unité de croyances, ni unité de vues, ni unité de goûts; il faut donc prendre notre parti d'une Architecture qui, reflétant nos divisions, ne peut être uniforme.

Est-ce à dire pour cela qu'elle n'ait point de style? Si grande que soit la tendance à l'individualisme, il y a dans toute société humaine un fonds commun d'idées qui caractérise les sociétés même les plus divisées en apparence, et qui donne aux monuments d'une même époque, malgré les différences d'origine, une physionomie particulière. Nous n'hésitons pas plus à distinguer aujourd'hui une œuvre du second Empire, que nous n'hésitons à reconnaître les œuvres exécutées sous le règne de Louis XVI, et jamais personne ne confondra avec les monuments du XIII[e] siècle, les édifices construits à leur image, sous la Restauration.

Pour bien saisir l'importance de l'évolution qui s'est produite en France vers le milieu du XIX[e] siècle, et qui a contribué d'abord dans notre pays, puis dans les pays voisins, — surtout en Angleterre et en Belgique, — à la rénovation des industries d'art, il faut se souvenir de l'état d'abandon où elles étaient dans la période qui s'étend de 1815 à 1840. Pendant cette période où les traditions semblaient perdues faute d'études professionnelles et par suite d'apprentissage, où l'enseignement de l'École des Beaux-Arts se réduisait de plus en plus à un enseignement de formes, dérivées plus ou moins des formes antiques, il semblait que l'Architecture, frappée de déchéance, dût entraîner dans sa ruine tous les arts de la décoration.

Le réveil de l'esprit français qui se produisit d'abord dans la littérature, puis dans les arts du dessin, et que caractérise le nom de « romantisme », a déterminé dans l'Architecture française un double courant d'idées, dont les plus illustres promoteurs furent d'un côté Lassus et Viollet le Duc, de l'autre Labrouste, Duc et Duban. A une époque, où l'Architecture religieuse ne créait à Paris que l'église Notre-Dame

de Lorette, où l'on se cantonnait dans l'achèvement de la Madeleine, on considérait comme des novateurs dangereux aussi bien Lassus, épris de l'art du moyen âge, au point de croire qu'il pouvait suffire à tous les besoins modernes, que Labrouste, cherchant courageusement à plier les formes de l'art antique aux nécessités des programmes nouveaux. Avec une tendance plus marquée vers l'éclectisme, Duban, élevé dans le respect de la Renaissance italienne, dont il faisait une élégante application à l'hôtel Pourtalès, rue Tronchet, mais séduit plus tard par les incomparables trésors de notre Architecture française du XVIe siècle, osait aborder à son tour, dans la construction du vestibule et des salles de l'École des Beaux-Arts, quai Malaquais, le difficile problème dont la solution caractérisera l'Architecture moderne, celui de la construction décorative, nécessitant l'emploi rationnel des matériaux.

Dans cette voie nouvelle, c'est peut-être Henri Labrouste qui a été le plus loin : c'est lui, en effet, qui, osant rompre avec le système critiquable de la dissimulation du fer sous les enduits, utilisa ce métal, judicieusement employé, comme élément principal de la décoration dans les salles de lecture de la Bibliothèque Sainte-Geneviève et de la Bibliothèque Nationale.

Labrouste s'était fait connaître, dès 1841, par son projet pour le tombeau de Napoléon Ier aux Invalides. Interprète de l'épopée impériale, il abritait le sarcophage sous un bouclier de bronze porté par des aigles et orné de cartouches rappelant les victoires de l'Empereur. Vers le même temps, il étudiait avec son frère la décoration du pont de la Concorde, qui demeura à l'état de projet, mais dont tous les dessins ont été conservés.

La Bibliothèque Sainte-Geneviève, construite de 1844 à 1850, est la première œuvre importante de l'artiste, et elle donne bien la mesure du caractère original de son talent. Si Labrouste a conservé le souvenir des belles formes étudiées sur les monuments antiques, il sait les approprier à une composition absolument moderne; il sait rendre sensible, par l'étroitesse des ouvertures du soubassement, la destination des salles de dépôt, par l'ordonnance des larges arcades du premier étage et la hauteur de leur appui, la destination d'une salle unique de lecture. Cette salle, garnie de bibliothèques

à deux étages sur tout le développement des murs, est couverte par des voûtes que portent des arceaux de fonte ajourés; les arceaux reposent d'un côté sur les murs, de l'autre sur une file de colonnes métalliques divisant la salle. Toute la construction est accusée avec une sincérité absolue, et chaque détail concourt à l'unité d'une œuvre où se révèle partout la volonté d'un maître.

Il semble que Labrouste ait prévu le reproche d'austérité qu'on pourrait adresser à ce beau monument. Il eût souhaité, dit-il, de le placer au fond d'un jardin; aussi, a-t-il peint des arbres sur les murs de son vestibule, s'excusant de remplacer ainsi par « un jardin en peinture » les belles allées de marronniers ou de platanes qui eussent précédé l'entrée.

C'est seulement en 1859 que Labrouste fut chargé d'agran-

Fig. 1.



Bibliothèque Nationale. Salle de lecture.

dir la Bibliothèque Nationale, et c'est au centre de l'édifice qu'il plaça la nouvelle salle de travail du département des imprimés. Cette salle (*fig.* 1), dont tout le mobilier a été étudié dans les moindres détails, est divisée en neuf travées par de fines colonnettes de fonte portant neuf coupoles à ossature

métallique. Ces coupoles sont vitrées à la partie supérieure, comme aussi l'hémicycle qui prolonge la salle du côté opposé à l'entrée. Des faïences d'un ton doux s'harmonisant avec les peintures, occupent les pendentifs et les premières zones de cette construction très simple, résultant du croisement de nervures méridiennes avec les nervures parallèles des voûtes sphériques. Au-dessus des bibliothèques étagées, les murs sont décorés de verdures, largement peintes sur un ciel clair, et qui contribuent à l'harmonie de la salle.

Labrouste, obligé d'exécuter l'une après l'autre chacune des parties de son œuvre, pour ne point interrompre le service de la Bibliothèque, n'a pu achever avant sa mort, survenue en 1875, que les bâtiments en bordure de la rue de Richelieu : ceux-ci, notamment le pavillon en rotonde à l'angle de la rue des Petits-Champs, ont, quoique atténuées, les qualités de style déjà signalées à la Bibliothèque Sainte-Geneviève.

Vers 1856, Labrouste avait été chargé par L. Fould de la construction d'un hôtel rue de Berri, et, comme il arrive trop souvent, le financier doublé d'un collectionneur avait une prédilection marquée pour un style ancien, celui du règne de Louis XIII. Labrouste avait assez d'esprit et de talent pour persuader à L. Fould qu'il acceptait ses idées, et pour faire, sans trop s'écarter des préférences de son client, un hôtel moderne bien disposé au milieu d'un jardin, sobrement décoré, mais très étudié dans toutes ses parties, caractérisant en somme une première tentative d'adaptation de l'Architecture privée aux idées et aux goûts de la société parisienne sous le second Empire.

D'ailleurs, l'application nouvelle du fer apparent déterminait une véritable révolution dans l'art de bâtir. En 1845, Victor Baltard, chargé de préparer un projet de reconstruction des Halles Centrales, avait présenté d'abord des études de pavillons construits en pierre dont l'un fut exécuté et qualifié le « fort de la halle ». Mais de telles protestations accueillirent cet essai, que Baltard dut renoncer à son premier projet et se résoudre à chercher un système de construction métallique que suggéraient les études nombreuses faites d'abord par Hector Horeau, puis par Nicolle, Armand, Flachat et quelques

autres, tous ayant en vue un vaste abri de métal dont les progrès scientifiques assuraient la réalisation.

Secondé dans l'exécution par un constructeur habile, César Jolly, Baltard imagina à son tour des supports en fonte, associés à des fermes en fer, pour porter un comble léger. Il composa ainsi sur plan régulier des pavillons reliés par des rues couvertes et créa un type de construction entièrement métallique, qui a été constamment reproduit soit en France, soit à l'étranger, sans modification essentielle.

Sans doute, on peut critiquer la forme des supports, la combinaison compliquée des arcs métalliques à persiennes de verre, le système d'écoulement des eaux dans le vide des colonnes. Mais les derniers marchés construits à Paris (*fig.* 2)

Fig. 2.



Marché de l'Ave-Maria.

ont déjà remédié à ces imperfections de détails qui ne diminuent en rien le mérite de la conception primitive.

Le premier pavillon des Halles Centrales était construit en 1856, et il me semble que l'œuvre caractérise assez franchement une Architecture nouvelle. Après quarante années d'audacieuses tentatives et d'incessants progrès, on trouvera peut-être que les fermes des Halles Centrales ou celles des marchés de Paris font petite figure à côté des fermes articulées de 100m construites pour la Galerie des Machines en 1889, de la tour

Eiffel, ou du pont jeté d'une rive à l'autre du Forth, près de son embouchure; mais il serait injuste de ne point rendre hommage à ceux qui ont été les initiateurs de la construction métallique et d'oublier que l'initiative est venue de France.

D'ailleurs, si la Science permet la vérification par le calcul des combinaisons hardies que justifie l'emploi nouveau du fer, livré en dimensions extraordinaires par l'industrie, la Science ne crée pas des formes, et c'est à l'architecte qu'il appartient de trouver les formes nouvelles, appropriées au métal, qui peuvent contribuer à l'expression originale des programmes modernes. Nous ne sommes pas indéfiniment rivés aux solives à double T ni à la poutre en treillis : si le fer, comme le bois, admet un système particulier d'assemblage, la tôle repoussée ou ajourée se prête à des formes décoratives d'un effet nouveau, où notre imagination et notre goût peuvent se donner carrière.

L'attrait d'une nouveauté a sans doute exagéré l'emploi exclusif du métal, et l'on ne voit pas bien pourquoi le fer serait employé seul sous prétexte que ses formes grêles s'accordent difficilement avec celles des matériaux lapidaires. On eût pu jadis concevoir les mêmes craintes pour les combinaisons de la pierre et du bois, et si nous n'avons pas su jusqu'ici associer harmonieusement le métal aux autres matériaux usuels, cela prouve seulement notre inexpérience.

L'emploi d'une matière nouvelle répondait d'ailleurs au besoin qu'on éprouvait de sortir coûte que coûte des sentiers battus où s'enlisait l'enseignement classique. A côté de Labrouste, un artiste épris de symbolisme, Constant Dufeux, élevait en 1844 à l'amiral Dumont d'Urville, un monument commémoratif, dont la décoration, d'une recherche peut-être excessive, empruntait ses principaux effets à la polychromie; quelques années après, en 1851, il faisait exécuter en bronze les petites portes du Panthéon, usant plus sobrement des allégories, mais caractérisant par des palmes jetées au travers de branches de laurier et de chêne, la glorification des grands hommes, auxquels le monument était dédié.

C'est dans un sentiment analogue que Louis Duc concevait la colonne à ériger sur la place de la Bastille : il divisait le fût en trois zones, pour y inscrire, avec les dates mémorables,

les noms des combattants morts pour la défense des lois. Le génie de la Liberté couronne le monument. La décoration allégorique du soubassement est comparable à celle qu'avait imaginée Labrouste pour son tombeau de Napoléon Ier; mais ici, c'est le coq gaulois, c'est le lion, symbole de la force, qui décorent le soubassement et le chapiteau de la colonne.

L'épopée napoléonienne eut une large part dans le réveil de l'Architecture sous la monarchie de Juillet. N'est-ce pas elle qui inspirait à Rude, collaborateur de Blouet, pour l'achèvement de l'Arc de Triomphe de l'Étoile, son admirable groupe du Départ?

Tandis que l'enseignement de l'École des Beaux-Arts s'immobilisait dans l'étude des « ordres », les élèves s'émancipaient sous la direction d'artistes tels qu'Henri Labrouste, et s'ils ne participaient que dans une faible mesure aux récompenses scolaires, ils s'en consolaient en s'appliquant aux études de construction rationnelle, dont la nécessité leur apparaissait évidente.

Lorsqu'un maître tel que Duban, après avoir construit, dans le goût de la Renaissance italienne, la Bibliothèque et les bâtiments encadrant la cour vitrée à l'École des Beaux-Arts, élevait en 1861, suivant un sentiment tout différent, la salle Melpomène et la galerie à deux étages en façade sur le quai Malaquais, il faut bien reconnaître la puissance des idées nouvelles et leur influence irrésistible sur les artistes vraiment épris de leur art.

Si la façade paraît un peu froide, si l'on eût pu souhaiter pour cette partie de l'édifice exposée au nord des saillies plus fortes et des profils plus accentués, on ne peut méconnaître les qualités de suprême élégance d'une œuvre dont le décor semble avoir comme un parfum d'atticisme.

A l'intérieur du vestibule, la construction métallique du plafond est franchement accusée par la saillie des solives et par les remplissages de terre cuite, sans que la franchise du constructeur nuise en rien à ses qualités innées de distinction et de goût. Comment ne pas aimer aussi la décoration du joli cloître respirant le calme nécessaire aux études, et qui abrite aujourd'hui le monument d'Henri Regnault.

Les qualités de Duban ne sont pas moins apparentes dans la tombe en forme de châsse qu'il érigeait, en 1851, pour Mme Paul Delaroche. Ici c'est l'art français du moyen âge qui semble avoir inspiré cette œuvre délicate, tout empreinte du charme de la morte.

Bientôt l'achèvement du Palais de Justice fournit à l'un des plus brillants novateurs, à Louis Duc, l'occasion d'affirmer les tendances de l'école moderne. Épris, comme Duban, de l'élégance et de la pureté des formes au point d'y sacrifier parfois l'effet d'ensemble, qui doit toujours avoir la première place dans une composition architecturale, il imagina pour les nouvelles salles d'audience et la salle des Pas-Perdus de la Cour d'assises une disposition monumentale (*fig.* 3). Il avait à

Fig. 3.



Palais de Justice. Vestibule des salles d'assises.

résoudre un problème difficile auquel un de ses prédécesseurs, Huyot, avait déjà travaillé, mais sans fournir la solution définitive. Conservant du plan d'Huyot les galeries qui devaient mettre en communication la Cour d'assises avec le Tribunal de première instance, il les prolongea jusqu'à la façade sur la place Dauphine, les terminant par une magnifique salle voûtée. Les voûtes sont tiercées dans leur longueur par des arcs saillants reposant sur des arcs-doubleaux, et déterminant avec eux les carrés où s'inscrivent des coupoles plates dont la

succession contribue à l'effet grandiose de la salle. Duc avait subi inconsciemment l'influence de notre magnifique Architecture du moyen âge dont les travaux de Viollet le Duc avaient remis l'étude en honneur, et il en faisait une application très personnelle dans une œuvre de construction française dont les détails exquis révèlent le goût d'un artiste élevé dans l'admiration des formes grecques.

Le motif central de la façade, malgré sa grande allure, ne s'harmonise qu'imparfaitement avec les parties latérales, et l'escalier un peu compliqué qui la précède en diminue la grandeur; mais, sous la main de Louis Duc, les formes empruntées à l'art antique ont pris un caractère d'élégance originale, qui retient et charme le visiteur, lui faisant oublier les légers défauts de l'ensemble.

Un artiste aussi distingué que consciencieux, Ch. Questel, avait fait à Nîmes ses premières armes, y érigeant dès 1851 la jolie fontaine de l'Esplanade, puis l'église Saint-Paul. A Paris, une œuvre très importante, l'asile Sainte-Anne, n'est pas moins remarquable par la composition du plan que par la convenance des formes. Questel a exercé par ses œuvres et par son enseignement une légitime influence sur l'Architecture contemporaine.

Le souci de la construction apparente suggérait d'ailleurs aux artistes de la génération qui précède la nôtre l'idée, bien vieille sans doute, mais depuis longtemps oubliée, d'approprier la composition et les formes aux qualités des matériaux. Cette idée s'imposait avec d'autant plus de force que les études d'analyse, faites avec précision d'après les monuments anciens, la vérifiaient à chaque époque sur les chefs-d'œuvre qu'on se décidait enfin à regarder, à comprendre et à respecter.

Labrouste et Duc avaient montré par leurs études, l'un sur le temple de Pæstum, l'autre sur le Colisée, les ressources que peut fournir à l'enseignement de l'Architecture l'analyse des monuments anciens. Viollet le Duc avait préludé par des travaux analogues en Italie et en Sicile au travail colossal qu'il entreprit sur l'Architecture française et qu'il poursuivit durant toute sa vie.

Il établit plus tard dans ses *Entretiens* la nécessité d'un enseignement rationnel où l'architecte apprît, non à composer des placages d'ordonnances, suivant des formules arbitraires, mais à exprimer par les divisions et les ouvertures des façades la distribution intérieure d'un édifice, à les faire concorder avec la destination de l'œuvre et les nécessités de l'habitation. Tirant ses preuves des œuvres de toutes les époques, il démontrait aisément qu'elles répondent toutes aux mêmes lois simples de composition décorative. Aussi s'attaquait-il vigoureusement à l'enseignement abstrait des formes, tel qu'il était pratiqué à l'École des Beaux-Arts, le considérant avec raison comme le principal obstacle au progrès de l'art moderne.

La création d'un service de conservation des Monuments Historiques allait fournir aux architectes les moyens de reprendre les traditions des arts décoratifs, par suite de l'obligation où ils se trouvaient de rétablir, sur le vif, les méthodes techniques tombées en désuétude. Tout était à refaire : non seulement on ne savait plus composer un carton de vitrail, mais on avait désappris jusqu'à la fabrication des verres colorés. L'ambition du tapissier se bornait à la copie d'un tableau et à la reproduction de toutes ses nuances. A peine pratiquait-on encore la forge et l'estampage du fer ; on coulait le plomb dans un moule, au lieu de travailler au marteau la feuille de métal, et de lui donner son modelé souple par le martelage sur un mandrin. On ne savait plus construire un meuble par assemblages de bâtis et de panneaux à rainures et languettes.

L'une des gloires de Viollet le Duc a été la rénovation, par l'analyse des œuvres anciennes, de toutes les industries qui relèvent de l'Architecture. Les dessins qu'il a donnés pour les crêtes en plomb et les ornements de la flèche, à Notre-Dame, ou pour le poinçon de la chapelle, au château de Pierrefonds, ses compositions pour de grandes pièces d'orfèvrerie, autels, reliquaires (voir *fig.* 4), chandeliers, ses études originales pour le mobilier, ses cartons pour les peintures murales des chapelles de Notre-Dame, témoignent de la puissance et de l'universalité de son génie. Ceux qui ont gardé le souvenir des

leçons professées par lui, à l'École de Dessin (¹), de 1840 à 1850, qui l'ont vu traçant au tableau, d'une main prodigieusement habile, de grandes compositions décoratives, enseignant les simplifications nécessaires à l'interprétation en terre, en

Fig. 4.



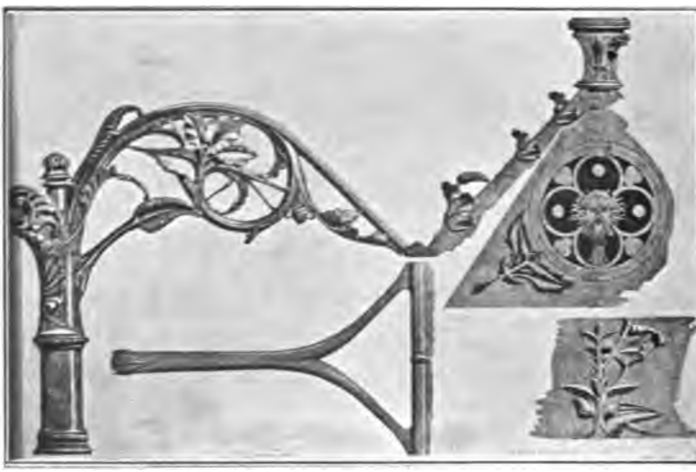
Reliquaire de Notre-Dame.

pierre ou en métal, des fleurs ou des animaux (*fig.* 5), s'étonnent qu'on puisse attribuer à des étrangers, dont le mérite est d'avoir bien profité des leçons de Viollet le Duc, la part principale dans la reconstitution des Arts dits industriels. C'est le cas de Morris et de tous ceux qui, en Angleterre, en Belgique ou en Allemagne, ont fait depuis vingt-cinq ans d'intéressants essais pour le renouvellement du décor des meubles, des étoffes, des papiers de tenture, des terres cuites ou du vitrail. Les essais en France datent d'un demi-siècle et c'est sous la vigoureuse impulsion de Viollet le Duc qu'ils ont été faits.

(¹) Aujourd'hui École nationale des Arts décoratifs.

Les admirables dessins qu'il avait exécutés en 1836, pendant son séjour à Florence, à Rome, à Pæstum ou à Taormine, le préparaient plutôt aux études de forme et de couleur qu'aux études de construction, et à ne considérer que ses splendides aquarelles, faites d'après les Loges au Vatican, on aurait pu se méprendre sur ses préférences. Mais il semble que l'art italien, malgré toutes ses séductions, lui ait révélé ses faiblesses, et c'est au retour de son voyage que commencèrent pour Viollet le Duc les études sur l'art français qui ont eu une

Fig. 5.

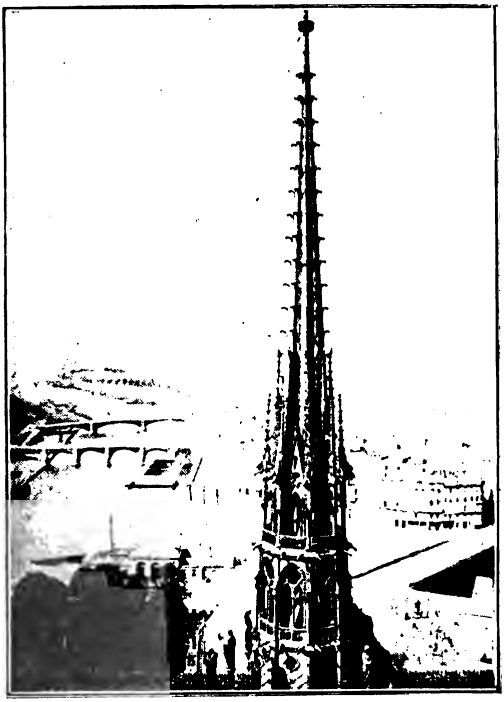


Cuve baptismale de Notre-Dame. Détails.

influence décisive sur l'Architecture et sur tous les arts de la décoration, dans la seconde moitié du XIX[e] siècle, en France et dans les pays voisins. Son esprit critique le portait à étudier les œuvres qui caractérisaient le mieux les grandes époques d'art; il analysait avec la même sûreté de jugement un temple grec ou des thermes romains, traçant en perspective tous les détails de la construction pour en faciliter aux élèves la compréhension, et je ne crois pas que personne ait jamais mieux expliqué que Viollet le Duc, dans ses *Entretiens,* la belle ordonnance de la tribune de l'Erechtheion.

Le sentiment artistique du maître est manifeste dans toutes ses créations, mais il est surtout apparent dans les détails d'exécution qu'il distribuait libéralement; quelques-uns de ces détails ont été réunis au musée du Trocadéro; d'autres sont encore disséminés en grand nombre dans les collections

Fig. 6.



Flèche de Notre-Dame.

particulières. Parmi les plus remarquables, je citerai les dessins des reliquaires, des fonts baptismaux, du lutrin et du cierge pascal de Notre-Dame, conservés dans la famille Poussielgue, les détails de mobilier et de plomberie du château de Pierrefonds, les cartons des peintures de Notre-Dame: on y sent revivre toute la verve de nos maîtres imagiers, en même temps que s'y trahit une indication très personnelle,

qu'on retrouve même dans les relevés d'œuvres anciennes.

Les sectaires impuissants et mesquins qui n'ont jamais compris ni peut-être jamais connu les travaux de Viollet le Duc ont prétendu qu'il était sans doute un archéologue éminent, mais qu'il n'avait jamais composé une œuvre architecturale. Je n'en veux retenir qu'une qui suffirait à l'illustration d'un autre architecte : c'est la flèche du transept de Notre-Dame (*fig.* 6), monument considérable qu'il a créé de toutes pièces et dont le décor est comparable à celui des plus belles œuvres de notre art français du moyen âge.

D'ailleurs, il faut comprendre un peu plus largement le rôle de l'Architecture dans la société moderne et reconnaître qu'on peut faire plus utilement œuvre d'architecte en composant un beau meuble ou un beau vitrail, qu'en alignant sur une façade un certain nombre d'arcades ou de colonnes couronnées d'un entablement au profil connu.

C'est du trésor inépuisable de la nature que Viollet le Duc a tiré ses compositions originales, c'est par l'analyse des animaux et des plantes que ses élèves ont commencé à renouveler les formes dans un sentiment vraiment moderne.

On n'a pas fait assez large la part qui revient aux architectes chargés de la conservation des monuments anciens dans la renaissance des arts décoratifs. Depuis l'institution de la commission des Monuments Historiques en 1837, c'est-à-dire depuis soixante ans, chaque chantier est devenu vraiment une école professionnelle, où patrons et ouvriers ont fait leur apprentissage. J'en renouvelais récemment l'expérience à l'église de Bougival (*fig.* 7), où les dangers d'une reprise en sous-œuvre particulièrement délicate, et les difficultés d'un mode de construction auquel les ouvriers parisiens ne sont plus habitués, m'obligeaient à former un personnel capable de mener à bien et sans accident l'entreprise.

Peu à peu les tailleurs de pierre ont repris l'habitude de terminer complètement, à pied d'œuvre, les morceaux les plus difficiles, par exemple les sommiers recevant les retombées de plusieurs arcs de courbures différentes, dont ils avaient à déterminer sur panneaux les rencontres. Les sculpteurs ont fini de même leurs sculptures avant la pose, et on se figure-

rait difficilement le soin que des ouvriers, négligents d'ordinaire, prenaient à mettre en place des morceaux ainsi taillés et sculptés : tant il est vrai qu'il suffit d'intéresser l'ouvrier à son œuvre pour en faire un artiste.

La perfection de l'exécution est incompatible avec une mauvaise organisation du travail.

Fig. 7.



Église de Bougival. (Reconstruction de la nef).

De nos jours, on veut aller vite, et pour y parvenir on néglige ces études de précision qui obligent l'artiste consciencieux à tracer lui-même les divisions d'assises de son édifice pour y assujettir la décoration. Sans doute il est plus simple de laisser faire le maçon qui, intéressé à économiser la main-d'œuvre, élèvera la façade d'une maison en blocs énormes, quitte à figurer plus tard par de faux joints un appareil fictif, et à compléter, au besoin, la pierre manquante par du plâtre teinté ou du ciment. Comment veut-on que l'ouvrier s'intéresse à la pose d'une pierre informe dont il ne connaît ni la destination,

ni le décor, qu'il met en place à coups de pince, s'inquiétant peu de savoir si l'ouvrier qui terminera la taille pourra ou non remédier aux accidents de la pose? Par la division mal raisonnée du travail, on perd malheureusement les qualités d'initiative et de goût qui sont propres à notre race et dont nos ouvriers pourraient faire partout la preuve.

A cet égard, il est bon de rappeler que c'est aux restaurations exécutées dans les monuments historiques que nous devons le renouvellement des méthodes de bonne construction, abandonnées au siècle dernier, lorsque le décor capricieux de l'Architecture ne formait plus qu'un revêtement indépendant de la structure. Par leurs magnifiques restaurations du Louvre, de la Sainte-Chapelle et de Notre-Dame, Duban, Lassus et Viollet le Duc n'ont pas seulement mérité la reconnaissance des générations futures en leur conservant des chefs-d'œuvre qui sont la gloire de Paris; ils ont remis en honneur l'art de construire, tel qu'il fut pratiqué en France aux plus belles époques de la décoration monumentale, lorsque le décor s'harmonisait avec les assises de la construction, formant une œuvre indivisible dont l'admirable unité s'accordait avec l'infinie variété des détails.

L'étude de l'appareil des pierres, que nécessitait tout travail de reprise dans un monument ancien, habituait l'architecte à tenir compte, dans ses compositions décoratives, des obligations de la structure. Ainsi, des artistes distingués, tels que Paul Abadie et Léon Vaudoyer, chargés de restaurer l'un la cathédrale d'Angoulême, l'autre, à Paris, l'église et le réfectoire du prieuré de Saint-Martin des Champs, s'inspiraient, là pour le nouvel Hôtel de Ville d'Angoulême, ici pour les constructions neuves du Conservatoire, non des formes, mais de l'esprit des monuments anciens, et, quoique élevés dans le respect de la décoration classique, la subordonnaient aux obligations d'une construction rationnelle.

Sans doute leurs œuvres trahissent le double courant d'idées des écoles rivales et n'ont peut-être pas la netteté des créations de Duc, de Labrouste ou de Viollet le Duc : elles n'en sont pas moins intéressantes, car elles caractérisent une époque de transition.

Vaudoyer est mort prématurément, et si son œuvre principale a été continuée par son successeur Ancelet, une des parties les plus intéressantes du monument historique, l'abside de l'église, récemment mise à découvert par le percement de la rue Réaumur, demeure dans un état de délabrement qui réclame l'intervention de la Ville et de l'État. L'abside de Saint-Martin des Champs est, comme l'abside de Saint-Denis, l'un des monuments les plus importants pour l'histoire de l'art français. C'est un devoir pour la Ville de mettre en lumière un pareil joyau, et pour l'État, d'en assurer la conservation.

Vaudoyer eut aussi l'occasion d'édifier à Marseille un édifice considérable, la nouvelle cathédrale, magnifiquement située sur le quai longeant les bassins et visible de la mer. C'est la situation du monument à l'entrée d'un port relié aux ports de l'Orient, qui inspira sans doute à Vaudoyer le plan majestueux de cette cathédrale semi-byzantine, dont l'effet intérieur ne sera complet qu'après l'exécution des mosaïques sur les voûtes : la silhouette extérieure est d'un bel effet, quoique un peu découpée par les saillies des dômes.

Le plan de l'église votive du Sacré-Cœur, à Paris, n'est pas sans analogie avec celui de la cathédrale de Marseille, et sa situation sur la colline de Montmartre eût peut-être nécessité une masse plus simple. L'édifice n'est pas encore assez avancé pour qu'on puisse actuellement apprécier l'effet d'ensemble, mais la décoration prévue par Abadie, et qui ne sera sans doute point modifiée, rattachera le monument aux églises de la Charente et du Périgord, que l'artiste connaissait bien, et dont il a eu peut-être tort de ne pas s'affranchir. Ce sera encore une œuvre de transition.

D'autres monuments religieux élevés sous le second Empire, les églises de la Trinité et de Saint-Ambroise, œuvres de Ballu, l'église de Belleville et l'église Saint-Nicolas de Nantes, construites par Lassus, l'église Saint-Bernard de la Chapelle, édifiée par Auguste Magne, l'église de Mâcon, élevée par Berthier, sont des œuvres intéressantes, mais trop directement inspirées de styles anciens pour avoir pu influer sur le développement de l'Architecture contemporaine.

Vers le même temps, s'élevaient à Paris deux monuments

nouveaux : l'église Saint-Augustin, de Victor Baltard, et l'église Saint-Pierre de Montrouge, de M. E. Vaudremer. La première (*fig.* 8), très intéressante pour la disposition de la coupole métallique de son transept, est construite à l'angle de deux voies divergentes. Il en résulte une ordonnance singulière de l'édifice, dont les chapelles latérales augmentent

Fig. 8.



Église Saint-Augustin.

progressivement de profondeur depuis le porche jusqu'au transept, suivant l'alignement des rues.

On sent encore dans la construction les tâtonnements qui sont la conséquence de l'emploi d'une matière nouvelle. Baltard a tenté, comme Labrouste à la Bibliothèque, d'établir les voûtes sur une ossature métallique apparente, mais il a prolongé jusqu'au sol les points d'appui en fonte, et la solution ne paraît pas franche, parce qu'on hésite à attribuer au fer ou à la pierre la fonction principale. Au transept, la construction métallique du pendentif justifie mieux les supports de métal qui, d'ailleurs, sont plus importants et paraissent, plus que ceux de la nef, indispensables à la construction. Un

essai de ce genre, même incomplet, fait honneur à son auteur.

L'église de Montrouge (*fig.* 9), l'œuvre capitale de M. Vaudremer, a plus d'unité, et si elle se rattache par le plan et le système de la construction aux basiliques primitives, telles que celles de Ravenne ou de San Miniato, elle accuse par tous les détails de la construction et de la décoration le caractère ori-

Fig. 9.



Église Saint-Pierre de Montrouge.

ginal et personnel du talent de l'auteur. C'est par la simplicité des formes, parfaitement appropriées aux éléments divers de la construction, que M. Vaudremer obtient de grands effets, n'abusant pas inutilement, à l'intérieur, des saillies de bandeaux ou de corniches, accusant seulement par des filets de couleur les claveaux des arcs, mais, avec un sentiment très fin de la décoration, détaillant par des caissons l'intrados de l'arc pour le relier à la colonne. La peinture de la charpente paraît d'autant plus brillante que les murs sont plus simplement décorés, et la richesse résulte bien plus des oppositions que de l'exagération du décor. Par une innovation ingénieuse, les murs du transept s'élèvent sur les arcs limitant les nefs

pour appuyer les charpentes et motiver, en même temps, l'emplacement de l'autel, abrité sous un élégant ciborium. A l'extérieur, un clocher très élancé, à peine évidé jusqu'à hauteur de l'étage du beffroi et couronné par une flèche de pierre, forme le motif principal de la façade.

L'église d'Auteuil, de date plus récente, a les mêmes qualités de construction et de décor, mais n'a peut-être pas la même unité. D'ailleurs, le programme d'une église catholique n'a point varié suffisamment pour exiger une expression très différente de celles qui furent adoptées dès l'origine du christianisme, et dont les types dérivés soit de la basilique syrienne, soit de l'église à coupoles byzantines, n'ont été abandonnés en France que vers la fin du XIIe siècle, après la création d'une nouvelle méthode pour la construction des voûtes. Actuellement encore, les églises grecques exigent pour l'exercice du culte une ordonnance analogue à celle des églises byzantines conservées en Morée ou dans la Turquie d'Europe. La coupole centrale, appuyée sur des pendentifs et contrebutée en quatre sens par des voûtes en berceau surmontant ou non des tribunes, est presque consacrée. C'est suivant cette disposition traditionnelle que M. Vaudremer a conçu le plan de son église grecque de la rue Bizet. L'originalité consiste dans le choix et la mise en œuvre des matériaux, pierre et brique claire, dont l'harmonieuse association lie par une coloration discrète les murs aux arcs, aux pendentifs et à la coupole, que décorent des peintures de grand style.

Il est facile de prouver par d'autres exemples l'importance qu'ont nécessairement les matériaux de chaque région pour caractériser les œuvres, et de montrer qu'ils pourraient aisément, aujourd'hui comme jadis, varier les dispositions et les formes, si l'on consentait à tirer parti de leurs propriétés particulières. Voici (*fig.* 10) la chapelle d'un hôpital exécuté à Aurillac avec les matériaux volcaniques, basaltes ou trachytes, qu'on rencontre dans la région. Si les trachytes peuvent se prêter à des tailles de moulures simples, ainsi qu'on le peut constater à la chapelle neuve de Saint-Illide (Cantal), le basalte n'est utilisable qu'en blocs à cassures irrégulières. L'emploi du basalte pour la maçonnerie des murs, du trachyte pour les

claveaux des arcs, les appuis, les glacis des contreforts, partout enfin où il est nécessaire d'éviter les joints, a permis de réaliser, à peu de frais, des bâtiments hospitaliers d'une surface considérable et s'accordant avec l'aspect du pays. C'est là encore une des conditions que doit remplir toute œuvre d'Architecture. Voyez comme l'église de Lourdes paraît déplacée

Fig. 10.



Hôpital d'Aurillac.

au milieu des montagnes. Voyez, au contraire, comme l'ancien château de Lourdes fait corps avec le rocher qui le porte. Approprier l'œuvre à l'emplacement dont il dispose, devrait être, pour l'artiste, la première des préoccupations. Si nous avions l'habitude de composer nos monuments en perspective, nous éviterions le plus souvent les fautes qui résultent du tracé géométral, indispensable, sans doute, pour déterminer les dimensions exactes de chaque élément de construction, mais faussant les idées en ne tenant aucun compte des grandeurs relatives què déterminent les distances.

L'Architecture civile, avec ses programmes nouveaux, a surtout aidé au développement de l'art moderne. S'agissait-il d'un lycée? On comprenait l'obligation de cours spacieuses,

de classes et de dortoirs établis suivant les nouvelles exigences de l'hygiène ; on admettait qu'une maison d'éducation n'est pas une prison et qu'il faut en rendre, non seulement le séjour, mais l'aspect agréables.

Ainsi ont été conçus le collège Chaptal commencé par M. Train sous le second Empire, le lycée Buffon et le lycée de jeunes filles de la rue du Ranelagh, œuvres récentes de M. Vaudremer. Les bâtiments du collège Chaptal sont disposés autour d'une cour rectangulaire, dont la chapelle occupe le centre, entre deux galeries de communication, qui se prolongent, limitant une seconde cour séparée de la première par le bâtiment des réfectoires et donnant accès aux amphithéâtres de Physique et de Chimie. Les classes sont à rez-de-chaussée et les dortoirs occupent les étages. L'architecte s'est attaché à rendre compte de tous les détails de la construction, accusant par des lignes de brique les arcs, les appuis, les corniches, ne craignant pas de montrer les fers apparents des planchers ou des linteaux, abritant les galeries des cours par un auvent dont les pièces principales sont portées en bascule sur un support incliné. Il y a là des audaces qui classent le collège Chaptal parmi les œuvres modernes les mieux caractérisées. Peut-être, pourrait-on reprocher à l'édifice la bigarrure de ses façades, résultant de l'emploi de matériaux différents; mais elle s'atténue avec le temps. Les galeries couvertes des cours qui sont traitées plus simplement ne prêtent pas à cette critique.

Le lycée de jeunes filles, édifié par M. Vaudremer rue du Ranelagh, est construit en petits matériaux et agrémenté par des lignes de briques émaillées. De simples haies marquent, dans les cours, les divisions des classes, et les cours sont plantées, donnant l'illusion d'un agréable jardin pour la récréation des jeunes filles. Là, comme au lycée Buffon, les charpentes apparentes des galeries sont peintes d'un ton vert clair qui charme et repose la vue. N'est-ce pas une façon toute moderne de comprendre ces lycées, où jeunes gens et jeunes filles doivent trouver, dans les exercices du corps, la diversion nécessaire au travail intellectuel.

Nous constatons des tendances analogues dans la disposition des nouvelles casernes. Celle de la rue de la Banque,

qui fut édifiée par Grisart, mérite d'être citée comme l'un des monuments civils les plus originaux qui aient été construits sous le second Empire. La saillie des bossages de pierre qui encadrent les parties de mur construites en brique contribue à l'aspect robuste du monument. A la nouvelle caserne de la Cité, M. Jacques Hermant a obtenu un effet analogue en dégrossissant à peine les pierres du soubassement. Le contraste entre ces pierres brutes et les parements unis de brique pâle des étages supérieurs est peut-être un peu violent.

A une époque d'individualisme, chacun se fait un idéal conforme à son tempérament. Celui de Davioud ne comportait

Fig. 11.



Palais de Longchamps, à Marseille.

aucune exagération de formes, et c'est par des qualités de finesse que se distingue la décoration intérieure de ses théâtres de la place du Châtelet. Ses fontaines du Théâtre-Français sont aussi des œuvres délicates, trop délicates peut-être pour une place publique.

Le palais du Trocadéro, que Davioud a construit avec M. Bourdais, est plus largement conçu. Quelques parties, notamment les vestibules et la galerie extérieure de la salle de concert, ont des qualités d'étude d'autant plus méritoires que l'œuvre fut faite hâtivement pour l'Exposition universelle de 1878.

L'idée de la fontaine et des galeries en hémicycle est évi-

demment inspirée d'une œuvre de grande allure, du palais de Longchamps, construit à Marseille par Espérandieu. Dans le monument marseillais (*fig.* 11) les galeries ajourées ne sont interrompues que par l'édicule abritant la fontaine d'où l'eau tombe en cascades, jusqu'au bassin inférieur. La composition, limitée de part et d'autre par les bâtiments du musée, s'adapte parfaitement au terrain, et l'harmonie des lignes résulte des proportions excellentes que l'artiste a su donner aux différentes parties de son œuvre. Il y a là un effet d'ensemble qui manque au palais du Trocadéro parce que les galeries y sont interrompues par l'énorme salle de concert et, s'étendant trop en largeur, ne semblent pas terminées.

Les tendances nouvelles apparaissent même dans les con-

Fig. 12.



Guichets du Carrousel.

structions qui ont complété d'anciens monuments. L'achèvement du Louvre a occupé toute l'existence de Lefuel, et bien que l'architecte ait été tenu, comme cela eut lieu pour la reconstruction de l'Hôtel-de-Ville, d'adopter un style déterminé afin de rattacher les parties neuves aux anciennes, il me suffira de citer le pavillon de la Bibliothèque sur la rue de Ri-

voli, ou les guichets ouvrant sur le quai la cour du Carrousel (*fig.* 12), pour faire comprendre comment Lefuel sut se plier aux exigences des besoins modernes et assurer largement la circulation, sans nuire à la belle ordonnance de la grande galerie du Louvre. Ces guichets, d'aspect grandiose, sont bien une œuvre moderne, et leurs dimensions sont justifiées par leur destination même.

L'un des obstacles au développement de l'art moderne a été l'abus des commissions et des concours : une œuvre originale attire toujours les critiques; au contraire, une œuvre banale a les plus grandes chances de réunir les suffrages, parce qu'elle ne porte ombrage à personne. Les concours publics, excellents en principe, sont déplorables dans l'application, d'abord, parce qu'il est difficile de trouver des juges, ensuite, parce qu'un artiste de talent reconnu hésitera toujours à y prendre part. Ils ont cependant produit deux œuvres, l'Opéra de M. Garnier et la Sorbonne de M. Nénot. Toutes deux sont trop connues pour que j'aie besoin de les décrire. Je me bornerai à mettre en relief les caractères originaux de chacune d'elles.

On peut dire que l'architecte Louis avait déterminé vers la fin du siècle dernier, à Bordeaux, la distribution générale d'un grand théâtre, et fixé les rapports des différentes parties, vestibules, escaliers, foyer, salle, scène, dégagements, loges d'artistes et autres dépendances. Son œuvre est d'autant plus remarquable qu'elle a été créée pour ainsi dire de toutes pièces, à une époque où les théâtres avaient encore le caractère de constructions provisoires, à l'exception peut-être de la salle de spectacle construite par Gabriel pour le palais de Versailles. Louis avait tout imaginé, aussi bien la coupole circulaire de la salle, portée sur des arcs, que l'escalier monumental accédant de face au parterre et à l'orchestre, et continué à droite et à gauche pour desservir l'étage des loges et le foyer. Il a eu l'idée de la cage d'escalier prolongée dans la hauteur du foyer par une galerie garnie de balcons, d'où l'on pût jouir de la vue des jolies toilettes au moment de l'entrée ou de la sortie.

La disposition de la salle a été reproduite aussi bien dans

l'Opéra construit par Debret, rue Le Peletier, que dans le nouveau théâtre du Vaudeville, reconstruit par A. Magne, au boulevard des Italiens. M. Charles Garnier l'a conservée au nouvel Opéra, et il a repris, en la développant, l'idée de l'escalier à triple évolution (*fig.* 13), descendant jusqu'au vestibule

Fig. 13.



L'escalier de l'Opéra.

qu'il a ménagé sous la salle pour le service des abonnés. La composition savante du plan de l'Opéra a permis à l'architecte d'exprimer clairement, par l'ordonnance de ses façades, la distribution intérieure, ce que Louis n'avait pas fait à Bordeaux : le foyer, la salle et le grand pignon de la scène s'accusent par la silhouette de leurs combles et par la différence des hauteurs, qui ont été peut-être dans ce but un peu exagérées. Les pavillons en rotondes des façades latérales qui correspondent aux descentes à couvert (*fig.* 14), complètent heureusement cette œuvre colossale qui porte dans toutes ses parties la marque d'une seule volonté. Si la décoration est encore « à l'antique », comme on disait au XVI[e] siècle, l'artiste a su lui donner un caractère personnel et absolument moderne.

La nouvelle Sorbonne avait un programme moins simple, et sauf dans les bâtiments en façade sur la rue des Écoles, comprenant le vestibule, l'escalier et le grand amphithéâtre, l'édifice se prêtait moins aisément à des dispositions monumentales. La conservation de la chapelle compliquait encore

Fig. 14.



Façade latérale de l'Opéra.

le programme. A en juger par les bâtiments qui s'achèvent, il semble que M. Nénot y ait complètement satisfait.

Trop souvent l'obligation de conserver une œuvre ancienne et d'y adapter des constructions nouvelles, est une gêne pour l'artiste, dont l'initiative est entravée. C'est ainsi que dans la reconstruction du château de Chantilly, bien que le duc d'Aumale n'ait pas eu la pensée de rétablir dans sa forme ancienne le château des Montmorency, M. Daumet était tenu de conserver les substructions du vieux château, et il a eu le mérite de reconstituer ainsi une fort belle résidence qui marquera parmi les œuvres de notre temps.

Nous nous habituons vite aux belles choses, lorsqu'elles répondent parfaitement à nos idées et à nos besoins. Un grand

établissement de crédit tel que le Crédit Lyonnais, comprenait un ensemble de services publics dont l'expression artistique était difficile à trouver. On sait avec quel succès M. Bouwens a réalisé le programme qui lui était donné, et su trouver le caractère monumental approprié à l'œuvre nouvelle. On sait aussi comment il a résolu le problème compliqué de l'aménagement en sous-sol des caisses éclairées par les planchers en dalles de verre, comment il a distribué les salles publiques et les bureaux, trouvant pour l'escalier principal une combinaison originale d'un grand effet décoratif.

Les besoins nouveaux de l'habitation et les habitudes de la vie moderne ont transformé plus profondément encore l'Architecture privée. Si l'on doutait de l'existence d'un style à la fin du XIX[e] siècle, il suffirait de comparer les maisons construites depuis vingt ans à celles qu'on édifiait sous la Restauration, pour constater les changements de goûts et de mœurs que les constructions neuves reflètent fidèlement. S'agit-il d'un hôtel, l'habitation n'y est nullement sacrifiée comme jadis à la réception : les chambres sont vastes, la lumière y pénètre largement. Les complications de la vie moderne, chauffage, éclairage, ventilation, sonneries, téléphone, laissent à peine la place pour les murs : si l'on ne disposait pas du fer, la construction des planchers portant sur ces murs creux serait irréalisable. L'emploi du fer s'est prêté à des dispositions décoratives résultant des matériaux de remplissage, terre cuite, bois ou plâtre, qui y ont été employés. Voici (*fig.* 15), dans un hôtel de l'avenue Henri-Martin construit pour la marquise de Bethisy, un plancher en fer à entrevous de bois dont les divisions commandent la décoration claire des murs s'harmonisant avec la pierre apparente de la cheminée et des encadrements des baies. Le principe de construction d'une grande cheminée est invariable : il faut porter en encorbellement sur deux pieds-droits encastrés dans le mur le manteau saillant qui arrête la fumée et le coffre qui l'évacue. La superposition d'une autre cheminée au premier étage commande la saillie correspondant au foyer. Ainsi, en obéissant aux lois simples de la construction, on peut trouver la solution originale et moderne d'un problème qu'on a constamment à résoudre. M. Vaudremer

a adopté pour le salon du nouvel évêché de Beauvais une disposition du même genre.

La construction d'un escalier à la française avec limons, marches et contre-marches apparentes, peut se prêter aussi à une disposition décorative suivant un principe de construction invariable, mais avec des formes franchement modernes. En

Fig. 15.



Salle à manger d'un hôtel, avenue Henri-Martin.

voici un exemple tiré des hôtels de MM. Mirabaud, avenue de Villiers. La charpente apparente des dépendances du même hôtel indique, je crois, le parti qu'on peut tirer du bois dans l'Architecture moderne, à condition d'adopter des combinaisons et des formes qui s'accordent avec la matière.

D'ailleurs la saillie d'une charpente ne suffit-elle pas à couronner un édifice, sans qu'il soit nécessaire de répéter des entablements de pierre monotones et coûteux? L'essai en a été fait dans une villa construite, il y a quinze ans, sur la lisière du bois de Boulogne (*fig.* 16) et dont les différents corps de logis s'étagent les uns au-dessus des autres pour servir d'appui

aux combles. Comme il était intéressant d'avoir vue sur les deux champs de courses, le pavillon de l'escalier se prolonge par une loge qu'abrite un comble saillant. Ici la pierre se réduit aux corbeaux servant de support à des liens en charpente qui soutiennent la sablière en bascule. Une frise de faïences claires occupe tout l'espace entre ces liens et complète le couronnement.

Fig. 16.



Villa au bois de Boulogne.

La saillie décorative du comble formant auvent a été très heureusement appliquée par M. Sédille à la charmante villa qu'il a construite rue La Fontaine à Auteuil, pour M. Dietz-Monnin. Que de charmants détails n'aurait-on pas à citer dans les Magasins du Printemps, œuvre du même artiste!

Chaque fois que l'architecte prendra la peine d'étudier sérieusement le programme d'une habitation, programme variable avec la destination, avec le nombre et la qualité des habitants, avec l'emplacement et les dimensions du terrain, il est sûr de trouver une solution originale à l'abri de toute critique s'il s'astreint à ne rien faire dont il ne puisse rendre

compte. Il ne faut pas dire, comme au temps d'Hardouin Mansart : je ferai une façade monumentale suivant la formule classique et j'y adapterai de mon mieux la distribution qui m'est demandée. C'est au contraire la distribution qui doit commander les façades et l'on ne doit admettre d'autre décor que celui qui peut s'accorder avec cette distribution. Il est permis de constater que les maisons à loyer, monotones et désagréables à cause des pilastres, des corniches et des frontons qu'on y prodigue, deviennent intéressantes dès qu'on se résigne à ne pas utiliser ces « accessoires ». J'en citerai pour preuve la maison construite par M. Vaudremer, rue Magellan, celle que j'ai édifiée rue des Pyramides, et surtout l'immeuble industriel construit par M. Raulin, rue d'Uzès. Si des monuments qui se prêtent à une distribution compliquée nous passons aux édifices commémoratifs, niera-t-on l'originalité du monument élevé par M. Coquart dans le cimetière de l'Est aux généraux Clément Thomas et Lecomte? L'artiste n'a-t-il pas caractérisé par une œuvre moderne la Patrie gardant le tombeau de ses glorieux fils victimes de la guerre civile?

Je crois avoir prouvé par d'assez nombreux exemples l'existence de cette Architecture moderne dont on dit beaucoup de mal parce qu'on la connaît fort peu. La lutte de plus en plus âpre pour la vie ne nous laisse pas le loisir d'étudier avec calme des œuvres que nos enfants apprécieront mieux que nous. Je ne crois pas qu'à aucune époque on ait dépensé plus de talent ni fait preuve de plus d'initiative qu'à la nôtre : mais l'effort d'un homme, si grand soit-il, n'est pas celui d'une génération. C'est par la répétition d'un type lentement élaboré que se constituaient jadis des styles uniformes. C'est par la sélection que la postérité distinguera parmi les œuvres de notre siècle celles qui méritent de vivre, et, à coup sûr, ce n'est point parmi les pastiches qu'elle fera son choix.

RECHERCHES

SUR LES INSTRUMENTS, LES MÉTHODES ET LE DESSIN TOPOGRAPHIQUES,

Par le Colonel A. LAUSSEDAT.

CHAPITRE I (*Suite*).

APERÇU HISTORIQUE SUR LES INSTRUMENTS ET LES MÉTHODES.

XXVI. — *Tachéomètres graphiques non réducteurs. Échelles de réduction.*

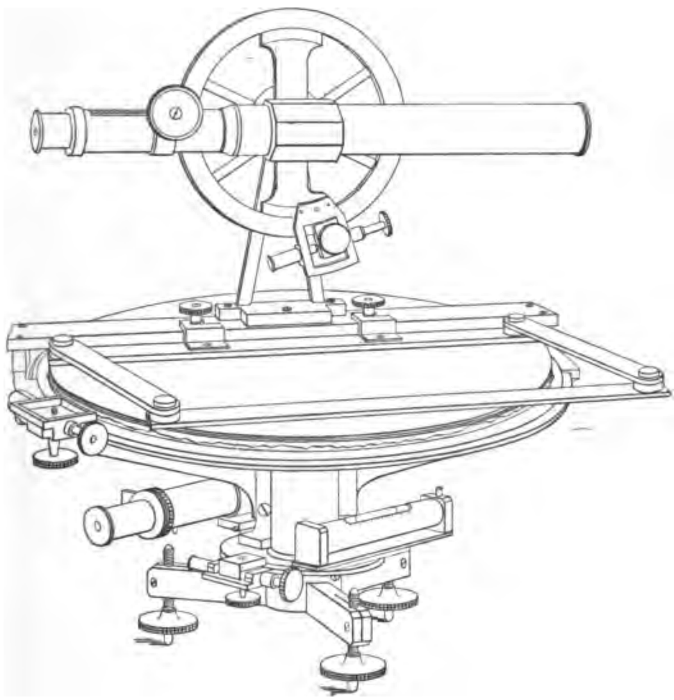
TACHYMÉTROGRAPHE TIXIDRE [1]. — Quoique l'instrument désigné sous ce nom ne soit pas autoréducteur, il appartient à la même famille que les deux derniers qui viennent d'être décrits, et c'est pourquoi nous le mentionnons à cette place. Comme l'homolographe et le tachéographe, il se compose, en effet, essentiellement d'une planchette circulaire et d'une alidade munie d'une lunette stadimétrique, mobile autour du centre de la planchette (*fig.* 78). Il en diffère toutefois, en ce que les fils du micromètre oculaire conservent leur intervalle comme dans le tachéomètre. Il en diffère surtout d'ailleurs

---

[1] *Voir* le *Catalogue général* de la maison H. Morin et Gonsse, 3, rue Boursault, à Paris, 25e édition, 1er fascicule : *Instruments de précision*, page 31 (janvier 1897).

en ce que l'instrument peut être déplacé sans que la feuille de papier qui recouvre la planchette soit changée, de telle sorte qu'au lieu de rester à la station centrale et unique d'où il déterminait par rayonnement tous les points du plan avec les

Fig. 78.



Tachymétrographe Tixidre.

deux instruments précédents, l'opérateur peut changer de station pour mieux découvrir ceux de ces points qui pourraient lui échapper et se trouve ainsi à même de mieux voir et de plus près tous les détails. A cet effet, contre la règle de l'alidade formant l'un de ses côtés est disposé un parallélogramme articulé qui permet de mener rapidement par chacune des stations marquées sur la planchette des parallèles aux directions prises par l'alidade, qui continue à passer par le

centre, pour déterminer les positions des différents points visés.

On pourrait craindre que, pour les directions de l'alidade rapprochées de la ligne qui va du centre de la planchette au point qui y représente la station, la manœuvre du parallélogramme articulé devienne impossible. On remédie facilement à cet inconvénient en faisant faire une demi-révolution à l'alidade et en retournant en même temps la lunette bout pour bout.

L'inventeur, M. Tixidre, qui est un praticien consommé, a fait lui-même usage de son tachymétrographe pendant plusieurs années, en réalisant une grande économie de temps, comparativement à celui qu'employaient des collègues également exercés, mais qui se servaient des instruments ordinaires pour exécuter des travaux de même nature, souterrainement aussi bien qu'à la surface du sol.

Le tachymétrographe est employé en ce moment même avec beaucoup de succès et une grande habileté par M. Branciard, conducteur des Ponts et Chaussées, au lever d'une zone de 700^m à 800^m de largeur du bassin de la basse Seine, à l'échelle de $\frac{1}{2000}$. Nous avons eu sous les yeux les feuilles dessinées et gravées à Paris, d'après la triangulation et les minutes communiquées au fur et à mesure de leur exécution par M. Branciard, et nous avons pu nous convaincre de la simplicité et de la parfaite exactitude de ce travail aussi bien que de la rapidité des opérations.

Planchette tachéométrique circulaire de M. Barthoud. — A propos de la réfection du Cadastre, une autre planchette tachéométrique de forme circulaire a été proposée par M. J. Barthoud, sous-ingénieur des Ponts et Chaussées [1]. Cet instrument ne présente aucune particularité qui mérite d'être signalée; les avantages que lui attribue son auteur sont ceux qui caractérisent la planchette en général et sur lesquels nous aurons bientôt l'occasion d'insister.

---

[1] *Méthode pratique de lever les plans à la planchette tachéométrique*, par M. J. Barthoud, sous-ingénieur des Ponts et Chaussées (Tarbes, imp. Émile Crohare; 1893).

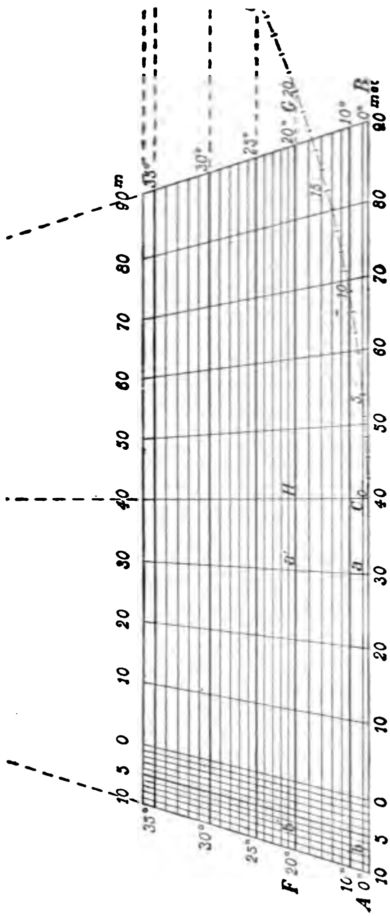
Nous verrons aussi plus loin que l'idée de revenir à cette forme si ancienne de la planchette circulaire s'est présentée encore à l'esprit d'autres inventeurs, notamment en Angleterre.

Diagramme pour la simplification des calculs. — Que l'on emploie le tachymétrographe ou tel autre instrument altazimutal et non autoréducteur, il est avantageux, toutes les fois que l'on opère à d'assez grandes échelles, de $\frac{1}{1000}$ à $\frac{1}{5000}$, par exemple, de substituer aux calculs numériques, c'est-à-dire aux Tables trigonométriques et à la règle à calcul, de simples lectures sur des diagrammes convenablement tracés. Nous croyons donc devoir, à propos des instruments destinés à accélérer toutes les opérations, rappeler qu'il existe des échelles de réduction depuis longtemps en usage dans le Service du Génie et, plus récemment, dans le Service forestier où l'on en tire un grand parti avec la boussole nivelante et le tachéomètre. Les planchettes de précision dont il sera question dans le paragraphe suivant se trouvent dans des conditions tout à fait semblables; ceux qui les emploient pourront donc également recourir aux échelles dont nous allons indiquer la construction et l'usage.

Réduction a l'horizon. — Il y a, comme on sait, plusieurs manières de mesurer et de réduire à l'horizon la distance de deux points situés à des hauteurs différentes; on peut employer la chaîne tendue horizontalement par ressauts ou appuyée sur le terrain en suivant la pente, ou bien, en recourant à la stadia, présenter celle-ci perpendiculairement à l'axe optique de la lunette, soit horizontalement, soit inclinée dans un plan vertical, ou enfin verticalement. Dans le premier cas, la réduction est faite spontanément; quand on mesure suivant la pente ou avec la stadia perpendiculaire à l'axe optique de la lunette, il faut déterminer l'inclinaison i de la pente, et la longueur mesurée ou observée l doit être multipliée par le cosinus de cette inclinaison; enfin, quand la distance est évaluée sur la stadia tenue verticalement, il est aisé de voir que le résultat doit être multiplié par le carré du cosinus de l'inclinaison i.

Construction de la première échelle de réduction a l'horizon $l' = l \cos i$. — **Dans le cas où la distance mesurée ou observée l doit être multipliée par $\cos i$, au milieu C de la ligne AB**

Fig. 79.



(*fig.* 79) de $0^m,10$ de longueur divisée en centimètres, la division de gauche subdivisée en millimètres, élevons une perpendiculaire d'une longueur suffisante, $0^m,15$ par exemple, et joignons tous les points de division à l'extrémité O de cette droite (située hors de la figure). De ce point O comme centre

décrivons tangentiellement à la droite AB un arc de cercle que nous diviserons de degré en degré à partir du point de contact C, et par les points de division menons des parallèles à AB. Ces parallèles seront divisées par les obliques concourantes en parties proportionnelles aux divisions de la ligne AB et, si cette dernière est prise pour l'échelle des distances horizontales sur le plan, les autres seront évidemment les échelles de réduction à l'horizon pour l'inclinaison correspondante.

Ainsi, pour l'inclinaison de 20°, les divisions de l'échelle FG sont à celles de AB dans le rapport de OH à OC, c'est-à-dire de cos 20° à 1, le rayon OC étant pris pour unité.

Construction de la seconde échelle de réduction a l'horizon $l' = l \cos^2 i$. — Dans le cas où la distance l évaluée sur la stadia verticale doit être multipliée par $\cos^2 i$ pour donner la distance réduite à l'horizon l', en transformant $l \cos^2 i$ en $l\left(\frac{1+\cos^2 i}{2}\right)$ on parvient encore aisément à tracer les échelles de réduction pour les différentes inclinaisons par la construction suivante.

Sur la ligne AB (*fig.* 80) de $0^m,10$, échelle des distances horizontales, et en son milieu C élevons comme précédemment une perpendiculaire de $0^m,15$ ou de $0^m,16$, puis joignons les divisions de l'échelle à l'extrémité O′ (située hors de la figure). Sur CO′ décrivons une demi-circonférence tangente en C à AB et, après avoir divisé sa partie inférieure en degrés ([1]), menons des parallèles à AB par les points de division, mais à leur rencontre avec les obliques convergentes inscrivons une graduation moitié moindre.

Ainsi, la parallèle à AB menée par le point E de l'arc de 60° est cotée 30° sur les obliques et il a été fait de même pour les autres qui deviennent autant d'échelles de réduction pour les inclinaisons indiquées par leur graduation.

([1]) Cette division se fait facilement et avec exactitude au moyen des Tables des sinus et des cosinus ou des sinus verses naturels. On trouve d'ailleurs ces échelles dans le commerce, gravées sur papier fort ou même sur métal. (*Voyez* le Catalogue de H. Bellieni, constructeur à Nancy.)

Prenons pour exemple la parallèle FG cotée 20° et qui passe

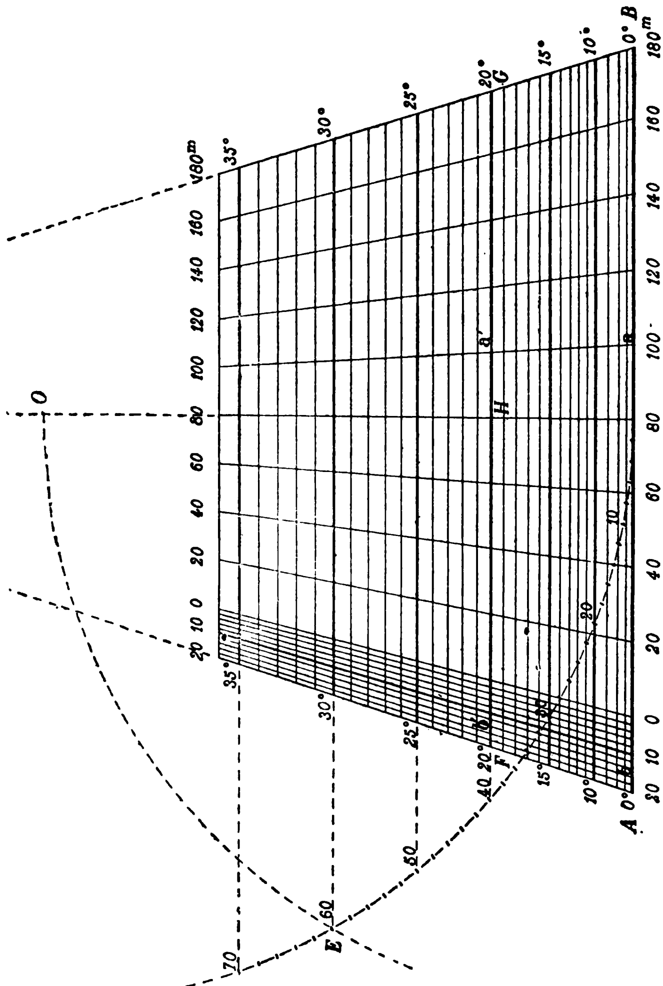


Fig. 80.

par la division 40° de l'arc de cercle. On a évidemment

$$\frac{\mathrm{FH}}{\mathrm{AC}} = \frac{\mathrm{O'H}}{\mathrm{O'C}} = \frac{r + r\cos 40^\circ}{2r},$$

en appelant r le rayon OC.

Entre 0° et 10°, on remarquera sur les deux figures que les échelles sont resserrées et que, en général, on ne les a tracées que de deux en deux degrés. Mais, dans la pratique, on reconnaît que ces indications suffisent et, pour les inclinaisons intermédiaires, on opère par interpolation (1).

XXVII. — *Digression sur les courbes de niveau et sur l'emploi des échelles des pentes pour les lever.*

Les courbes de niveau en pays de plaines et en pays accidentés. — La manière dont le relief du terrain est représenté conventionnellement par des courbes de niveau ou sections horizontales verticalement équidistantes est devenue désormais assez familière à tous ceux qui s'occupent de Topographie pour qu'il soit inutile de rappeler ici une définition qui se présentera d'ailleurs d'elle-même dans le Chapitre II, où l'on fait connaître l'invention de ces courbes. Nous devons toutefois indiquer quelques-unes de leurs propriétés essentielles dans le but de justifier les procédés rapides que nous conseillons d'employer, pour les tracer sur les plans, dans les cas surtout où elles deviennent nombreuses.

En ce qui concerne l'équidistance à adopter, exprimée en mètres, elle dépend naturellement de l'échelle du plan et l'on est à peu près d'accord, dans les pays où le système décimal est en vigueur, pour l'égaler graphiquement et uniformément à 1^{mm}. Elle représente donc alors, aux échelles de $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$,

(1) On a donné différentes formes aux échelles de réduction. Ainsi, pour satisfaire à la formule $l = l' \cos i$, on avait d'abord construit les lignes de division en les rapportant à deux axes rectangulaires, les échelles successives étant également espacées pour des arcs égaux, et les obliques concourantes se trouvaient alors remplacées par des sinusoïdes. [*Voyez* dans le n° 14 du *Mémorial de l'Officier du Génie*, Paris, 1844, l'excellent Mémoire *Sur le lever expéditif d'une position militaire*, par le chef de bataillon du Génie (depuis colonel) Leblanc.] Mais la construction que nous avons indiquée, adoptée à l'École d'application de l'Artillerie et du Génie, et plus facile à exécuter, est, nous le répétons, bien suffisante, et il en est de même de celle qui correspond à la formule $l = l' \cos^2 i$ conduisant d'ailleurs à une forme plus allongée et à un espacement plus sensible des échelles, même pour les plus faibles inclinaisons.

$\frac{1}{5000}$, $\frac{1}{10000}$, etc., des intervalles de 1^m, 2^m, 5^m, 10^m, etc.

Dans les pays de montagnes, cette équidistance peut être augmentée pour éviter de trop multiplier les courbes. Dans les pays de plaines, au contraire, on a besoin quelquefois de la diminuer. Nous admettrons, dans ce qui va suivre, l'équidistance la plus habituelle de 1^{mm}. Quelle que soit d'ailleurs cette équidistance, on conçoit aisément que les courbes seront plus rapprochées ou plus espacées sur le plan selon que les pentes du terrain seront plus ou moins fortes. Il est également facile de se rendre compte de ce fait que, dans les pays de plaines où cet espacement devient très grand, les formes des courbes successives, peu accusées en général, deviennent souvent indépendantes les unes des autres. Aussi les détermine-t-on alors isolément par points plus ou moins rapprochés, au niveau d'eau ou avec un niveau à main et suivant des méthodes, très simples et très faciles à imaginer, auxquelles nous ne nous arrêterons pas.

Mais il n'en est plus de même dans les pays accidentés où les courbes plus nombreuses, en se rapprochant, conservent dans bien des cas les mêmes allures au point de paraître s'emboîter les unes dans les autres. Pour les tracer assez rapidement, souvent plusieurs à la fois, comme nous le verrons, on a été conduit à la considération de lignes et de formes plus ou moins aisément reconnaissables qui jouissent de propriétés caractéristiques, servent de guides au topographe niveleur et ont donné naissance à un vocabulaire d'un usage général. Tels sont les lignes de faîte, les plateaux, les mamelons, les contreforts plus ou moins arrondis ou allongés, les arêtes, les gouttières, les inflexions, les cols, les crêtes, les escarpements, les arrachements, les rochers saillants, les ravins, les gorges, les talus d'éboulement ou de comblement, les commencements, changements et fins de pente, les étages des vallées, les bermes, les berges, les cuvettes, les thalwegs, etc.

Sans entrer dans le détail des opérations fondamentales de nivellement qui font partie de celles que l'on désigne sous le nom de *canevas général du lever* et sur lesquelles nous aurons occasion de revenir, nous pouvons supposer que le topographe niveleur a à sa disposition des repères assez nombreux

sur les lignes de faîte, les mamelons, dans les fonds de vallées ([1]), vérifiés, numérotés et enregistrés sur un carnet.

En partant alors, par exemple, d'un repère situé sur un mamelon, après avoir levé par rayonnement, et le plus souvent par lignes de visée horizontales, les courbes supérieures inégalement espacées jusqu'à ce que l'on ait atteint un commencement de pente, on choisit, pour y stationner avec l'instrument altazimutal, l'un des points de cette ligne d'où l'on plonge avec l'éclimètre, par rayonnement, dans toutes les directions qui présentent des pentes sensiblement continues jusqu'aux lignes de changement de pente. Pour chaque direction et pour chaque point, où le porte-mire laisse des piquets, les pentes sont données par l'éclimètre et les distances mesurées à la chaîne suivant la pente ou évaluées sur la stadia verticale sont réduites à l'horizon au moyen de l'une des deux échelles précédentes.

Quand l'instrument est une planchette comme le tachymétrographe ou la planchette de précision dont il sera bientôt question, ou bien lorsqu'il est simplement accompagné d'une planchette à dessiner, comme c'était le cas avec la boussole nivelante du Génie ou ses analogues, on rapporte immédiatement la direction et la distance réduite de chaque point que l'on cote comme nous allons l'expliquer, en indiquant en même temps comment on peut tracer les courbes de niveau entre la station et la ligne de changement de pente.

Échelle des pentes. — C'est pour atteindre ce double but graphiquement qu'ont été construites les échelles de pente dont le principe est le suivant :

Soient A et B (*fig.* 81) deux points, dont l'un A est la station et B le point à déterminer; AB la distance des deux points mesurée suivant la pente, AA′ leur différence de niveau.

On a :

$$AA' = A'B \tang i \qquad (1)$$

([1]) Ou dans leur voisinage, ces repères étant surtout placés sur les bords des chemins ou des sentiers que l'on suit généralement quand on exécute au niveau à bulle d'air le canevas du nivellement.

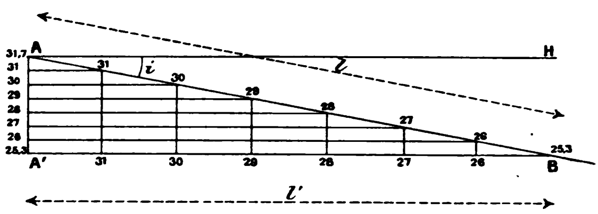
ou

$$\text{(2)} \qquad A'B = AA' \cot i.$$

Admettons que l'on opère à l'échelle de $\frac{1}{1000}$; la réduction A'B de la distance AB mesurée ou observée est obtenue à l'aide de l'une des deux échelles précédentes.

Maintenant, au lieu de calculer la différence de niveau AA' par la formule (1), supposons-la connue ainsi que la cote 31,7 du point A et marquons sur AA' les cotes rondes 31, 30, 29, ..., 25, A' se trouvant coté 25,3; on voit sur la figure

Fig. 81.

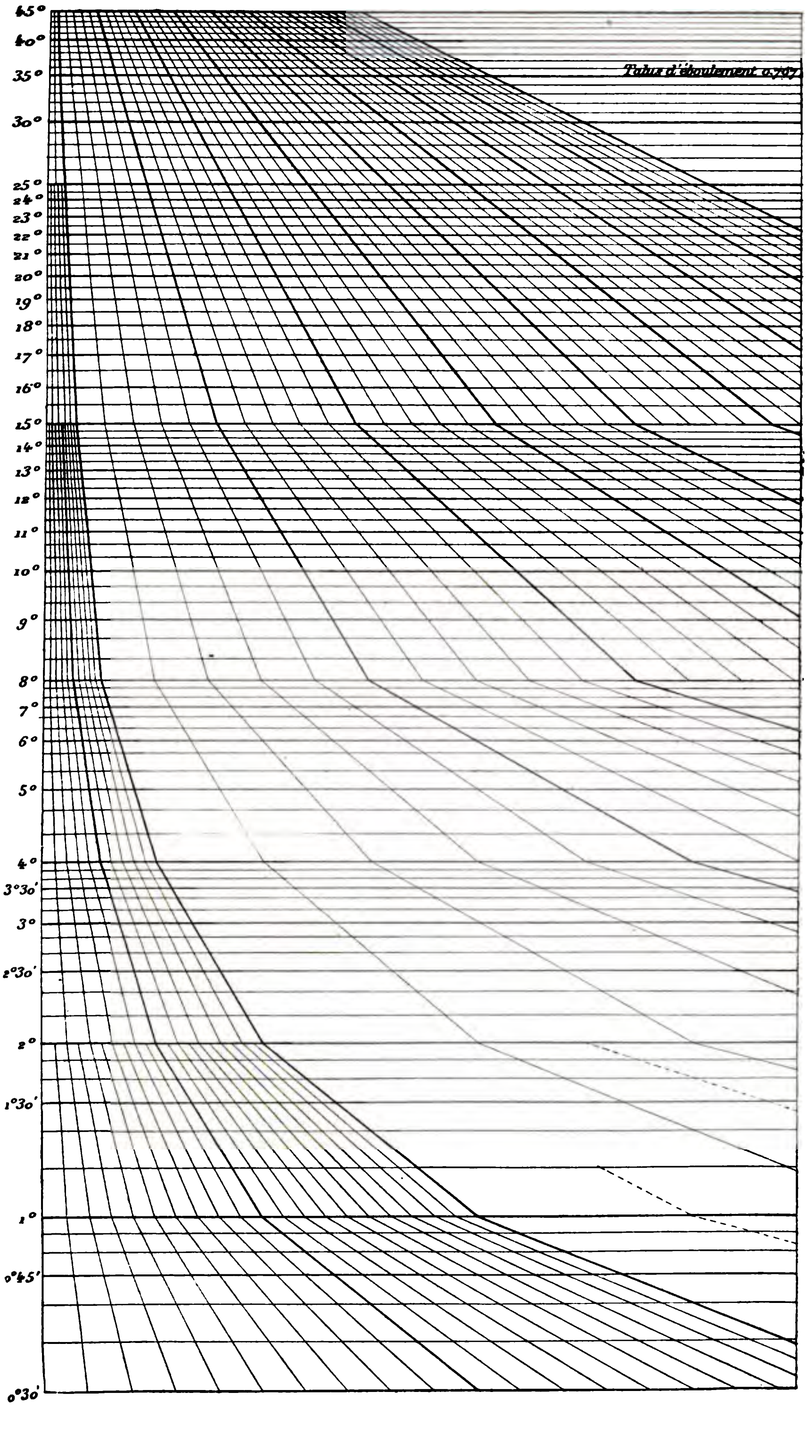


comment les plans horizontaux menés par les points à cotes rondes diviseront AB et par projection A'B. C'est cette dernière division correspondant à la pente i que l'on trouve sur ce que l'on appelle l'*échelle des pentes* qui sert à supprimer les calculs de différence de niveau et à déterminer rapidement les points de passage des courbes sur les différentes directions dont les pentes ont été mesurées.

La construction du diagramme sur lequel se trouvent réunies les échelles de pente jusqu'à 45° a d'abord été effectuée en portant sur l'axe des coordonnées des divisions égales de degré en degré, l'horizontale correspondante portant des divisions déduites par le calcul de la formule (2) ou plutôt prises dans une Table des tangentes et des cotangentes naturelles rapportées au cercle de 1mm de rayon (1). Les lignes qui réunissaient les divisions semblables des mêmes échelles étaient

(1) *Voyez* le Mémoire déjà cité du colonel Leblanc dans le n° 14 du *Mémorial de l'Officier du Génie*.

Fig. 82.


45°
40°
35°
30°
25°
24°
23°
22°
21°
20°
19°
18°
17°
16°
15°
14°
13°
12°
11°
10°
9°
8°
7°
6°
5°
4°
3°30'
3°
2°30'
2°
1°30'
1°
0°45'
0°30'
Talus d'éboulement 0,707

alors des arcs d'hyperboles. En faisant varier convenablement les intervalles de ces échelles, on a pu substituer aux courbes une série de lignes droites beaucoup plus faciles à tracer avec précision, et le diagramme de la *fig.* 82 est celui dont on se sert depuis un grand nombre d'années à l'École d'application de l'Artillerie et du Génie, où il a été introduit par le colonel Goulier qui lui a donné cette disposition plus commode et l'a fait imprimer sur du papier transparent, ce qui permet de porter chacune des échelles sur les droites rapportées sur le plan, qui représentent les distances réduites des points observés dans leurs directions et dont la pente a été mesurée. Il est à peine besoin d'expliquer l'usage de ce diagramme si l'on a saisi le principe de sa construction. Qu'il s'agisse de trouver la différence de niveau d'une station A dont on connaît la cote et de l'un des points visés B rapporté sur le plan et dont la pente a été observée; il suffira évidemment de prendre avec l'ouverture d'un compas la distance réduite du point B au point A (A'B) et de la porter sur la ligne du diagramme correspondant à la pente observée, comme on le ferait sur une règle divisée avec une subdivision à sa gauche, en tenant compte, pour l'évaluation de la différence de niveau, de l'échelle du plan. Toujours en tenant compte de cette échelle, les divisions marquées par les lignes obliques donnent aussi l'espacement des courbes à cotes rondes sur la ligne A'B du plan, et c'est pour faciliter le report de ces intervalles successifs que le colonel Goulier a fait tirer le diagramme sur papier transparent.

XXVIII. — *De la planchette stadimétrique et du rôle qu'a rempli et que peut encore remplir la planchette en général.*

Perfectionnements anciens et récents de la planchette. — La vogue dont jouit à bon droit aujourd'hui le théodolite transformé en tachéomètre ne doit pas faire perdre de vue les autres instruments auxquels ont été et sont encore appliqués les principes de la Stadimétrie.

En France, où Maissiat et son fervent disciple Clerc ([1]) étaient arrivés à faire préférer pendant plus d'un demi-siècle la boussole nivelante à la planchette, les ingénieurs militaires avaient, comme nous l'avons vu, appliqué tout d'abord la stadia à leur instrument favori. En Angleterre, c'était dans la lunette d'un théodolite que Green avait introduit son micromètre, mais dans la plupart des pays du continent, on employait beaucoup la planchette dans les levers réguliers, et c'est ainsi que, reprenant la tradition de Brander, on avait commencé à faire de la stadimétrie en Bavière, avec cet appareil, dès les premières années du siècle.

L'histoire de la planchette que nous avons essayé de reconstituer ([2]), en indiquant successivement les principaux

---

([1]) Cet officier, dont toute la carrière a été consacrée au perfectionnement de la Topographie, et dont nous retrouverons plus loin le nom à propos du lever des *courbes de niveau*, avait enseigné l'usage de la boussole nivelante à l'École Polytechnique et à l'École d'application de Metz et l'avait fait adopter à peu près exclusivement par la brigade topographique du Génie. L'influence de Maissiat s'était, d'un autre côté, fait sentir dans le corps des ingénieurs-géographes auquel il appartenait, et plus tard dans celui de l'Etat-major jusqu'à l'étranger, en Italie et en Belgique notamment.

([2]) Le Docteur W. Jordan, dans un paragraphe de son *Handbuch der Vermessungskunde*, § 197, tome II, page 687, après avoir rappelé le nom de Prætorius, cite celui de l'un des contemporains de cet inventeur, le Souabe Schickhardt, qui avait parlé de la planchette dans les termes suivants :

« *Wer im Raisen die Schiebe* (*geteilte grad Schiebe*) *mit bey sich hatt, oder Sonsten übereilt, den Compass mit brauchen möchte der Köndte dannoch im Nothfall, ohn all Instruments, zu diesem Vorhaben, Solchergestalt gelangen : er heffte nur ein Papier auff ein Brettlin oder Teller, und statt as unbeweglich nider, stecke darnach ein Paar Nadeln auff ein Lineal, Zihle damit auff die Thürne, and reisse dere Linien alle auss eim Puncten.* »

Et le docteur Jordan ajoute :

« Le principe de la planchette présenté sous cette forme naïve date peut-être de deux mille ans, car ce sont sans doute des opérations analogues à celles que l'on exécute avec la planchette qui ont mis sur la voie des théorèmes d'Euclide concernant la similitude des triangles. »

Au lieu de deux mille ans, on peut, sans hésiter, en admettre le double et même davantage, si l'on veut bien se reporter aux *plans dessinés à l'échelle* par les Chaldéens sur des tablettes d'argile ou sur pierre, et à ceux des Égyptiens qui, avant d'être gravés sur le marbre ou sur le granit, avaient été tracés en vue des monuments et du terrain sur des peaux de gazelle ou sur des papyrus tendus soit sur des planches, soit sur d'autres surfaces planes tout à fait comparables à une planchette. (*Voyez*, à ce sujet, la note I à la fin de cet Ouvrage.)

perfectionnements qu'elle a reçus, a cependant besoin d'être reprise et complétée. Nous venons même de retrouver, en dernier lieu, cet instrument associé à la stadia dans des conditions tout à fait spéciales sous les noms d'*homolographe*, de *tachéographe* et de *tachymétrographe*, mais cela ne nous dispense pas de revenir sur les propriétés dont il jouit quand on se contente de le munir d'une alidade stadimétrique, simplement et librement posée sur une planchette carrée, puisque c'est sous cette forme qu'on le rencontre le plus habituellement et qu'il lutte avec le tachéomètre.

Pour obtenir toutefois la précision que l'on s'efforçait de plus en plus d'atteindre, on avait apporté un peu partout, et particulièrement en Allemagne, d'importantes modifications à la construction de la planchette, au nombre desquelles nous avons signalé la substitution du trépied à vis calantes déjà employé pour les instruments de précision, théodolite, niveaux, etc., au genou à rotule et à coquilles ou même à la calotte sphérique qui avait été un perfectionnement très appréciable.

Les partisans de la planchette stadimétrique. — Grâce à cette transformation, la planchette devenait, à son tour, un instrument de précision et prenait définitivement chez plusieurs de nos voisins la place qui lui avait été disputée par la boussole. Cette préférence s'accentua surtout quand le micromètre fut introduit dans la lunette de l'alidade de la planchette, généralement plus puissante que celle de la boussole. C'est ainsi, par exemple, que dès le début des travaux de la belle Carte topographique de la Suisse, en 1838 (ces travaux avaient été entrepris en 1832), on appliquait le principe de la stadia aux levers à la planchette. On peut constater ce fait dans les *Instructions* du général Dufour, ancien élève de l'École Polytechnique de Paris, pour l'exécution des minutes de cette carte à l'échelle de $\frac{1}{25000}$ [1]; mais un Mémoire très détaillé sur la planchette de précision, désignée en Suisse sous le nom

---

[1] *Geschichte der Dufourkarte, herausgegeben von eidg. topographischen Bureau*, page 143 (Bern, Buchdruckerei Stampfli und Cᵉ; 1896).

de *stadia topographique,* publié en 1884 dans les *Comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils de France* (1), contient sur l'instrument des indications plus précises auxquelles nous ne saurions mieux faire que de nous référer.

« La stadia topographique, dit M. Meyer, diffère du tachéomètre en ce que, au lieu d'appliquer l'appareil micrométrique de la stadia à la lunette d'un théodolite, on l'applique à la lunette de l'alidade d'une planchette d'arpenteur. Les points sont observés d'une station, la distance en est réduite à l'horizon et les hauteurs ont été calculées sur place au moyen d'une règle logarithmique spéciale. Elles sont immédiatement rapportées, à l'échelle choisie, sur la feuille étendue sur la planchette, et les points sont cotés. Quand on a un nombre suffisant de points d'altitude cotés, on trace les courbes de niveau ou courbes équidistantes, *en ayant le terrain sous les yeux;* on peut dire qu'*on les dessine d'après nature.*

» Cette méthode a été indiquée et appliquée *pour la première fois* par les ingénieurs qui ont procédé, sous les ordres du général Dufour, au levé de la Carte topographique de Genève en 1838-1839 (2); puis perfectionnée par M. J. Wild, ingénieur et professeur de Topographie et de Géodésie à l'École Polytechnique de Zurich, depuis 1855. M. Wild, qui a pris une grande part à l'établissement de la Carte topographique suisse et a spécialement dirigé celle du canton de Zurich, a, de 1843 à 1851, appliqué cette méthode au lever de la Carte au $\frac{1}{25000}$. Il l'a décrite dans des Conférences faites à la Société technique de Zurich, les 8 *octobre* 1845 et 7 *mai* 1847. »

---

(1) *Mémoire sur la Stadia topographique et son application aux levés des plans et aux études de chemins de fer, routes, canaux,* etc., etc., par M. Jean Meyer, ingénieur en chef des chemins de fer de la Suisse occidentale et Simplon. Dans le recueil cité.

(2) Pour la première fois et d'une manière suivie, en Suisse, devrait-on dire, car il paraît bien avéré que c'est la même méthode qui était appliquée en Bavière, au moins pour la planimétrie, plus de vingt-cinq ans auparavant. Mais, d'un autre côté, il faut reconnaître qu'en 1838 les ingénieurs suisses devançaient ceux des autres pays où la stadia n'était employée qu'avec hésitation et encore peu étudiée.

Et plus loin : « Tous les ingénieurs formés à cette école (le Polytechnikum), depuis bientôt trente ans, sont familiarisés avec cette méthode et ont beaucoup contribué à la répandre en Suisse et à l'étranger, soit pour les travaux de la Carte topographique et ceux du Cadastre, soit surtout pour les levers destinés aux études de chemins de fer, routes, canaux, etc. Toutes les études des nombreuses lignes de chemins de fer construites en Suisse depuis plus de quinze ans, et notamment celle du Gothard, ont eu ces levers pour base. »

M. Meyer ajoutait encore que l'exactitude obtenue était aussi grande que celle que donnent les tachéomètres proprement dits, que les opérations étaient plus rapides et la dépense moindre. Enfin, il revenait, à plusieurs reprises, sur ce qu'en dessinant les courbes de niveau sur le terrain, on a plus de garantie d'une représentation fidèle du relief qu'en attendant qu'on ait perdu de vue des formes que l'on ne saurait retrouver sur les carnets où sont inscrites les distances et les cotes des seuls points levés et nivelés des différentes stations. « C'est dans ce fait, concluait-il, qu'avec la planchette *on dessine d'après nature,* que nous constatons une grande supériorité sur la méthode dite *tachéométrique.* »

Nous avons donné ces détails pour montrer l'importance acquise depuis longtemps en Suisse par la planchette de précision et nous eussions pu les compléter en indiquant, toujours d'après M. Meyer, les grands travaux publics dans lesquels il a été fait usage de cet instrument, ainsi que les prix de revient des opérations de levers qui en font ressortir les avantages.

Des planchettes adoptées en Suisse. — Le Mémoire de M. Meyer est accompagné d'une théorie de la *stadia topographique* et de détails concernant son emploi, rédigés par M. Stambach, professeur à l'École technique de Winterthur, et contient des résultats d'expériences de nature à rassurer sur les qualités des lunettes ordinaires (non anallatiques) d'un grossissement de quinze à vingt fois, pour la mesure des distances, beaucoup plus faciles à construire, à égalité de puissance.

M. Meyer fait enfin la description des différents types de planchettes de précision avec alidade stadimétriqne construites d'après les indications du professeur Wild, principalement et excellemment par la maison J. Kern et Cie, d'Aarau. Ces modèles, au nombre de trois, petit, moyen et grand, varient par les dimensions de la planchette elle-même et par la disposition de l'alidade qui porte un quart de cercle, un demi-cercle ou un cercle entier ([1]). Ils répondent à tous les besoins de la pratique : Cadastre, cartes à diverses échelles, études de travaux publics, etc.

Nous donnons la figure de l'instrument le plus complet (*fig.* 83), comprenant la planchette du grand modèle, l'alidade avec un cercle entier, un déclinatoire, des niveaux à bulle d'air, une règle logarithmique spéciale disposée sur la règle de l'alidade, enfin un compas d'épaisseur avec fil à plomb pour amener un point de la planchette exactement au-dessus du point correspondant du terrain.

Cet appareil très complet, comme on le voit, jouit évidemment de toutes les propriétés du tachéomètre, en y joignant l'avantage de permettre à l'opérateur de rapporter immédiatement sur le terrain les mesures et tous les détails qui doivent figurer sur le plan.

Ce n'est pas seulement en Suisse d'ailleurs que la planchette de précision a été employée avec succès, et l'on trouve, dans une Notice publiée, il y a quelques années, en Angleterre et que nous avons déjà mentionnée ([2]), des renseignements circonstanciés sur les services qu'a rendus cet instrument, notamment en Allemagne et aux États-Unis, et sur le rôle que quelques ingénieurs anglais seraient disposés à lui voir

---

([1]) *Voyez* le Mémoire de M. Meyer ou mieux encore le *Preis courant der mathematischen geodætischen und astronomischen Instrumente* von KERN et Cie, Aarau (Schweiz), nachfolger von J. KERN gegrundet 1894, et la nouvelle édition en français du même Catalogue : *Ateliers de construction d'instruments de Topographie, de Géodésie et d'Astronomie.* KERN et Cie, successeurs de J. KERN, Aarau (Suisse). Catalogue et prix; 1897.

([2]) *The economic use of the plane-table in topographical Surveying,* by Josiah PIERCE, Jun. Assoc. M. Inst. C. E. etc., with an abstract of proceedings of the Institution of civil Engineers, vol. XCII, Part. II. London, published by the Institution; 1888.

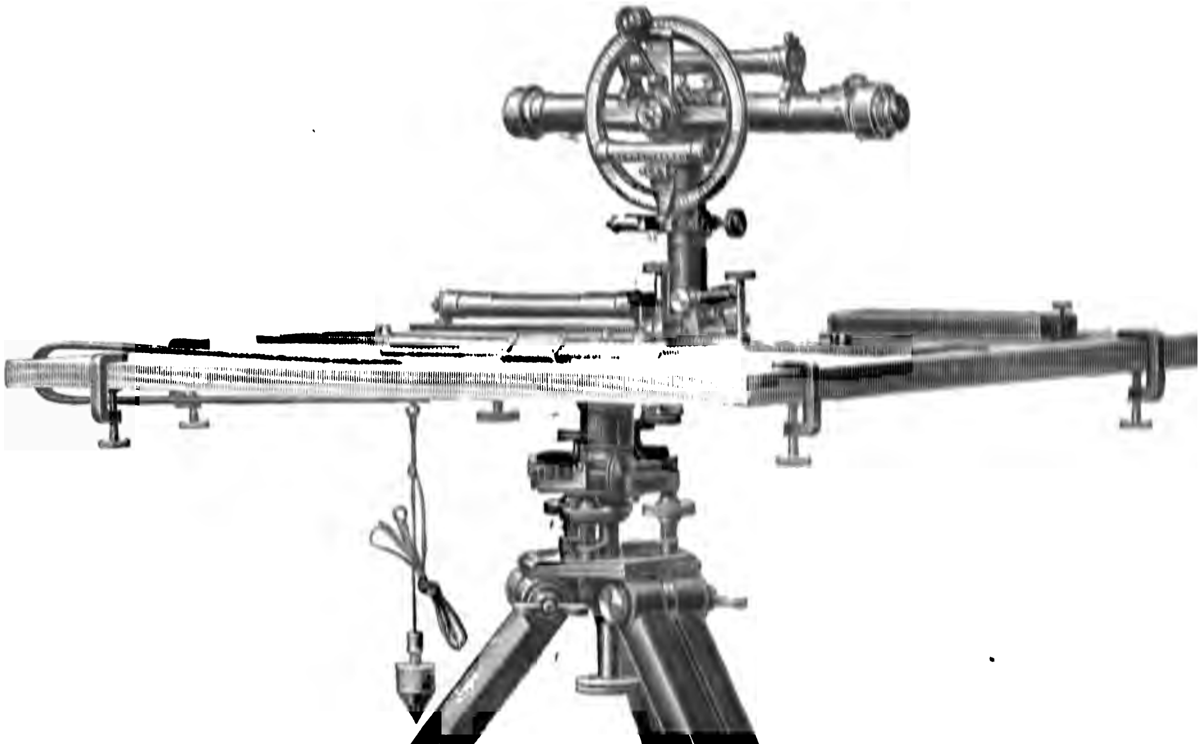


Fig. 83. — Stadia topographique ou planchette stadimétrique, construite par Kern, d'Aarau.

remplir dans leur pays et notamment dans leurs colonies où l'on s'est contenté jusqu'à présent de la planchette simple qui a suffi, par exemple, à la confection du Cadastre dans l'Inde.

D'un autre côté, en France également, depuis un certain nombre d'années, le service du Génie, se relâchant de sa fidélité à la boussole nivelante ([1]) déjà compromise par l'introduction du tachéomètre, a fait usage de planchettes qui se rapprochent de celles dont il s'agit par l'addition d'alidades stadimétriques combinées par le colonel Goulier.

Alidades holométriques et règle a éclimètre ([2]). — Ces alidades sont, au nombre de trois, désignées sous les noms d'*alidade holométrique à lunette coudée*, d'*alidade holométrique à lunette droite* et de *règle à éclimètre*. Comparées aux alidades à éclimètre ordinaires, elles ont, d'après leur auteur, l'avantage de faciliter les mesures sans rien sacrifier de leur exactitude. Pour cela, dans les deux premiers instruments, le diamètre de l'éclimètre est déjà suffisant pour donner les demi-grades et au moyen du vernier, *quand il existe*, les cinq centigrades à la lecture et les centigrades à l'estime; mais dans le troisième ce diamètre est réduit à $0^{m},05$ et l'éclimètre est formé d'un limbe denté d'un système imaginé par Porro et ne permettant de donner à la lunette que des inclinaisons discontinues de cinq grades en cinq grades.

Dans les trois instruments d'ailleurs, on trouve un organe complémentaire pour parfaire la lecture des angles de pente ou de hauteur, qui consiste en un micromètre oculaire gradué et photographié sur une plaque de verre désigné par le colonel Goulier sous le nom de *tableau focal*, dont l'idée première appartient au colonel Leblanc qui employait de même un micromètre divisé en dixièmes de millimètre, gravé et reporté

([1]) Peut-être aussi de la rigueur qu'il apportait dans l'exécution des levers des plans des environs des places fortes dont il a fallu agrandir le rayon en diminuant l'échelle.

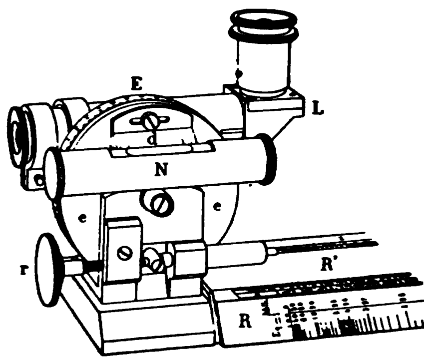
([2]) *Études théoriques et pratiques sur les levers topométriques et en particulier sur la Tachéométrie*, par C.-M. Goulier, colonel du Génie en retraite (Paris, Gauthier-Villars et fils; 1892).

sur gélatine ou sur papier pelure, huilé et collé sur une lame de verre (¹).

Les micromètres des nouvelles alidades comportent deux séries de divisions verticales et même une troisième série de divisions horizontales dans le cas de la règle à éclimètre, la première série servant à évaluer les inclinaisons jusqu'au $\frac{1}{50}$ et par estime au $\frac{1}{100}$ de grade, c'est-à-dire à la minute centésimale, et l'autre ou les deux autres à la mesure des distances avec la stadia verticale ou horizontale.

Les lunettes des deux alidades dites *holométriques* sont accompagnées de chercheurs et la première est coudée pour rendre plus faciles les visées faites dans des directions très

Fig. 84.



Règle à éclimètre du colonel Goulier.

inclinées, l'instrument lui-même étant principalement destiné aux triangulations graphiques et au nivellement par pente en pays de montagnes.

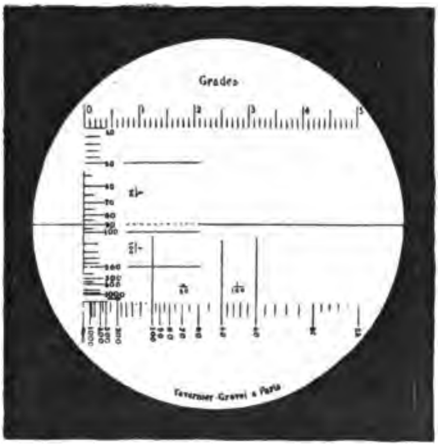
Le troisième instrument, appelé *règle à éclimètre*, qui comporte aussi une lunette coudée, a été employé par les officiers détachés à l'ex-brigade topographique du Génie, pour exécuter les levers des environs des places fortes à l'échelle de $\frac{1}{10000}$.

(¹) *Topographie*. Cours de M. le lieutenant-colonel du Génie Leblanc à l'École Polytechnique, 2me année d'études, 1re division, 1848-1849, feuilles autographiées, page 9.

Nous donnons la figure de la règle à éclimètre et la légende qui l'accompagne, d'après l'Ouvrage cité du colonel Goulier, ainsi que celle du tableau focal de la lunette.

On y remarquera (*fig.* 84 et 85) la règle à calcul (d'où le nom de l'instrument) dont la coulisse ou réglette porte la

Fig. 85.



Plan focal de la règle à éclimètre.

lunette et l'éclimètre, d'une disposition analogue à celle que nous avons trouvée dans l'instrument de M. Wild.

La planchette dont on se sert avec ce petit appareil est la planchette ordinaire à calotte sphérique de l'École d'application, de forme carrée ; mais, pour l'alidade holométrique, l'auteur a été conduit à adopter la forme moins simple et moins pratique d'un octogone régulier de $0^m,50$ à $0^m,60$ de diamètre pour permettre, dans tous les cas, à l'opérateur d'approcher son œil de l'oculaire de la lunette.

Les lunettes de ces alidades ne sont pas anallatiques, et, pour la première, la correction nécessaire est faite par la graduation de la règle; celle-ci a une longueur de $0^m,50$, une largeur de $0^m,025$ et une épaisseur de $0^m,001$ seulement, ce qui la rend flexible et permet de l'appliquer très exactement sur la

surface de la planchette, même quand celle-ci serait voilée.

Il y aurait d'autres particularités, quelquefois bien minutieuses, à signaler dans la construction et l'emploi de ces instruments, des stadias et des jalons-mires qui les accompagnent, mais nous avons suffisamment indiqué ce qui les caractérise essentiellement et nous renvoyons pour le surplus à l'Ouvrage du colonel.

XXIX. — *Faits généraux relevés dans l'enquête ouverte en Angleterre sur les propriétés de la planchette.*

Opinion de M. Pierce. — Arrivons à l'enquête dont la planchette de précision a été l'objet en Angleterre, en 1888, et au cours de laquelle il a été également question de la planchette ordinaire (¹).

Nous allons passer rapidement en revue les points principaux de la communication de M. Pierce, faite à la Société des Ingénieurs civils de Londres, et nous donnerons ensuite un aperçu de la discussion provoquée par cette communication qui a mis en lumière un certain nombre de faits et d'opinions utiles à recueillir, concernant l'emploi de la planchette en général.

« *Les conditions de construction de la planchette de précision,* dit M. Pierce, *sont les mêmes que celles de tout autre type d'instrument de lever altazimutal.*

» *Le cercle inférieur du théodolite à lunette centrale est élargi et devient une tablette ou une planchette; le vernier ou l'index est remplacé par le bord rectiligne d'une règle qui, avec une lunette et un arc de cercle vertical, est désigné sous le nom d'*alidade (*Kipp Regel* des Allemands). »

M. Pierce estime que *le lever à la planchette est la mé-*

(¹) *The economic use of the plane-table,* etc.

thode la plus commode, la plus rapide et la plus économique pour lever les plans. Il fait seulement quelques réserves pour les climats humides, les effets hygrométriques produits sur le papier ou sur la planchette elle-même pouvant entraîner des déformations qui altèrent les positions relatives des points considérés. Mais partout ailleurs, et c'est en se fondant sur des expériences récentes et concluantes qu'il soutient sa thèse, l'auteur considère l'instrument dont il s'agit comme propre à fournir, *par simple triangulation graphique,* des points de repère en nombre suffisant pour la construction d'une carte, avec une économie beaucoup plus grande qu'en employant tout autre procédé. Il conclut de là, en particulier, que les ingénieurs coloniaux devraient s'intéresser davantage à une méthode et à un instrument tellement commodes « qu'un opérateur peut, seul et sans aide, construire une carte topographique à n'importe quelle échelle, avec un degré de précision limité seulement par cette échelle elle-même. »

M. Pierce insiste notamment sur ce que, la triangulation devant habituellement s'effectuer à l'aide de signaux apparents, la planchette peut être mise rapidement en station par la méthode dite de *Pothenot* (ou de *Snellius*), sans méconnaître d'ailleurs l'utilité de l'adjonction d'un déclinatoire.

« On associe toujours, en définitive, fait-il remarquer, l'aiguille aimantée à la planchette, mais elle est aussi associée au graphomètre et elle l'est également aujourd'hui au tachéomètre. *Au fond, la lutte est donc simplement entre le carnet et la feuille de papier à dessiner, entre les notes et croquis et le dessin immédiatement exécuté sur place* [1]. »

---

[1] Cette lutte ou cette rivalité entre les instruments divisés sur lesquels on relève les angles que l'on inscrit sur un carnet et la planchette au moyen de laquelle on évite les lectures d'angles et les erreurs de transcription est très ancienne. D'après M. Pierce, « The Rivalry between the theodolite and the plane-table existed in England three hundred years ago and could be formed in the old folio the *Pantometria* of Leonard DIGGES, published in 1591. » Nous connaissons la *Pantometria* et ce qui y est dit de la planchette.

Remarque. — C'est aussi sur cette distinction que nous appelons l'attention du lecteur. Il y a lutte, en effet, selon l'expression de M. Pierce, entre les deux systèmes du carnet et de la feuille de dessin et il est vraisemblable que la divergence des opinions n'est pas près de finir, car il y a là tout à la fois des questions d'habitudes contractées, d'amours-propres d'auteurs et d'intérêts commerciaux mises en jeu. Nous ne saurions prétendre de notre côté que la méthode photographique si contestée, en grande partie pour les mêmes motifs, finira par mettre tout le monde d'accord en se substituant complètement aux deux autres; mais il est permis de prévoir que, les images remplaçant le carnet et les opérations dans le cabinet se faisant comme si l'on se retrouvait sur le terrain, *en présence de la nature,* cette méthode pourrait donner souvent satisfaction aux partisans des deux systèmes (¹).

Quelques détails sur les instruments. — L'enquête de M. Pierce a porté sur les principaux modèles de planchette réalisés dans les différents pays. En constatant la stabilité et les autres garanties de précision des instruments construits en Allemagne, dont la planchette de Bauernfeind (*fig.* 86) donne une idée très nette, mais où l'on a été jusqu'à employer des planches de cuivre et des plaques de glace pour remplacer la planchette de bois, afin d'éviter les déformations, l'auteur

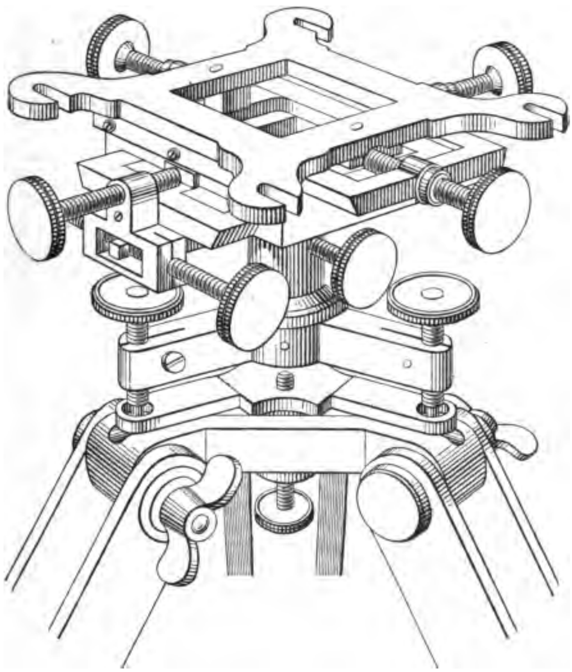
(¹) On rencontre, dans un appendice (correspondance) à la discussion provoquée par M. Pierce, l'emploi de la Photographie, proposé dès 1869 en Angleterre, pour aider aux reconnaissances militaires faites avec la boussole, et soutenu par une autorité en Géographie, le major Parker, qui pensait que l'on devrait l'appliquer avec la planchette. « Major F.-G.-S. Parker remarqued that in 1869 a very suggestive paper had been read by lieutenant-colonel J. Baillie at the royal united service Institution (*Journal of the royal Institution*, vol. XIII, p. 449), *on Photography applied to military Science,* in which the employement of photography or an adjunct to military sketching with the prismatic compass was advocated. He had often thought it could been applied to plane-table surveys out door photographic Work, but so far as he was aware no action had been taken by military authorities upon colonel Baillie's suggestions. »

Il est intéressant, sinon consolant, de constater ainsi l'indifférence avec laquelle étaient partout reçues ces suggestions qui troublaient nécessairement les habitudes des topographes officiels.

trouve exagéré le poids de ces appareils [1]; il fait encore d'autres critiques auxquelles nous ne nous arrêterons pas, les perfectionnements utiles devant seuls nous intéresser.

Ainsi, parmi les particularités que présentaient les nombreux

Fig. 86.



Planchette de Bauernfeind.

appareils exposés devant la Société des Ingénieurs civils de Londres, par les soins de M. Pierce, et ceux dont il avait donné seulement la description (*voir* la liste des instruments exposés à la page 71 de la brochure et la planche à la suite, ainsi que le texte de la communication), il convient de signaler les *mouvements à emboîtures sphériques* adoptés en Prusse et que l'on retrouve aux États-Unis dans les instruments em-

---

[1] Il y en a eu, en effet, qui atteignaient de 18 à 25 kilogrammes. « Comme l'alidade peut peser elle-même plusieurs livres et qu'elle est le

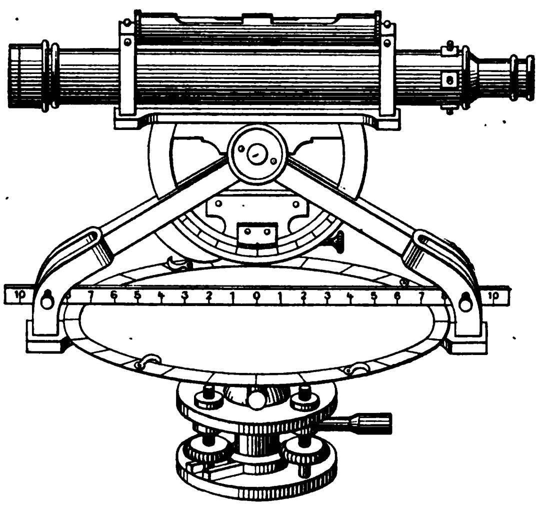
ployés par le *Coast and geodetic Survey*. Nous donnons les deux figures de la planchette américaine ordinaire dont on fait usage dans les pays de plaines (*fig.* 88) et de celle dont le mouvement, proposé successivement par Gurley et par Johnson, est adopté pour les pays de montagnes (*fig.* 89) [1]. Ces

---

plus souvent indépendante, il est essentiel, dit M. Pierce, que le support de la planchette soit aussi rigide que possible.

» Toutefois, il existe un type de planchette, le stadiomètre d'Edgeworth (*fig.* 87) portant une alidade qui lui reste attachée, de sorte que chaque

Fig. 87.



Stadiomètre d'Edgeworth.

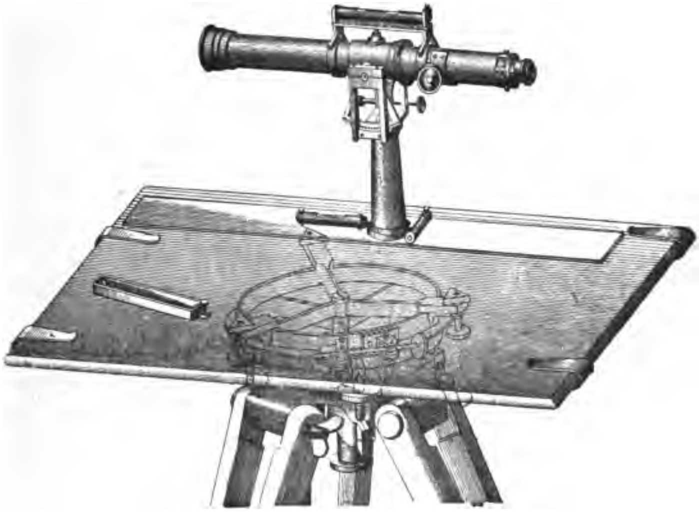
feuille de papier est, en fin de compte, le registre du travail exécuté à chaque station. »

On voit que la planchette circulaire connue et employée depuis si longtemps pour enregistrer les angles à chaque station et que nous avons retrouvée en France sous plusieurs formes reparaît également en Angleterre avec des divisions à sa circonférence, comme le cercle azimutal du théodolite.

[1] *Voyez* dans le *Report of the superintendant of the United States coast and geodetic Survey*, June 1880, Appendice n° 13 : *A Treatise on the plane-table and its use in topographical Surveying*, by E. BERGESHEIMER, assistant; Washington, 1882. Ce Mémoire très développé contient une description complète de la planchette américaine et de son mode d'emploi, ainsi que la solution de plusieurs problèmes de Géométrie pratique à l'aide de cet instrument.

planchettes et leur alidade méritent une attention particulière, leurs excellentes qualités se trouvant consacrées par de longues

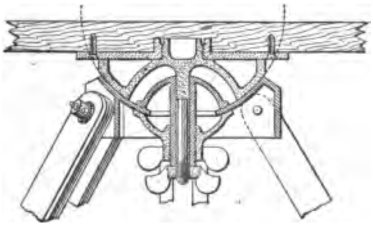
Fig. 88.



Planchette américaine ordinaire.

années d'expérience. On remarquera que le mouvement de la seconde est du même genre que notre calotte sphérique,

Fig. 89.



Planchette de Johnson pour les pays de montagnes.

mais tourné en sens inverse et d'une plus grande amplitude.

« La construction de l'alidade de Hilgard, dit M. Pierce,

est telle que, par une double observation, les angles de hauteur peuvent être mesurés avec une grande exactitude sans avoir à craindre d'erreurs instrumentales. Les fils micrométriques du diaphragme procurent un moyen rapide de déterminer la hauteur (différence de niveau) et la distance par une observation unique sur une mire verticale, avec un degré d'approximation suffisant pour les travaux topographiques, dans des cas où la chaîne et le niveau ne sauraient être employés (1). »

M. Pierce connaissait la règle à éclimètre du colonel Goulier : « Une alidade militaire, relativement nouvelle, de dimensions réduites pour les travaux à la stadia, dit-il, a été imaginée en France et sera probablement une acquisition utile pour les ingénieurs. »

Levers a la planchette effectués dans des circonstances exceptionnelles. — La brochure de laquelle nous extrayons ces indications sur les instruments en renferme d'autres que nous négligeons comme moins importantes, ou faisant double emploi avec celles que nous avons données antérieurement, pour signaler quelques moyens peu ordinaires d'utiliser la planchette.

A propos des triangulations graphiques dont on se sert pour multiplier les repères auxquels se rattachent les détails, M. Pierce citait un lever de la région du lac Mono, aux États-Unis, au cours duquel, pour déterminer les profondeurs du lac dans toute son étendue, deux opérateurs munis de planchettes, l'un en une station fixe et l'autre se déplaçant sans cesse, dirigeaient leurs alidades, *à des intervalles de temps égaux* mesurés à l'aide de chronomètres bien réglés, sur le bateau d'où les sondes étaient pratiquées également

---

(1) L'alidade de Hilgard est une alidade stadimétrique, et les planchettes américaines sont, en définitive, analogues à la planchette suisse et, en général, à celles auxquelles on a associé la stadia. Elles ne s'en distinguent que par certains détails de construction très bien étudiés, et notamment par la légèreté, qui en rend l'usage facile, même dans les pays les plus accidentés.

au même instant où étaient faites les deux observations ([1]).

L'étendue de la région levée, est-il dit dans la Notice, comprend 4320^{kmq} de 72^{km} de longueur, sur 60^{km} de largeur.

Le nivellement, obtenu à l'aide d'angles de hauteur et de baromètres anéroïdes, a permis de tracer les courbes de niveau de 200^{pi} en 200^{pi}, les principales hauteurs variant de 6500^{pi} à 13500^{pi} (1800^{m} à 3600^{m} environ). Le travail extérieur, qui a duré quatre mois, a été effectué à la planchette par la méthode des intersections. Ce lever, exécuté à l'échelle de $\frac{1}{101826}$ (1^{po} pour $1^{mille},6$), a été réduit pour être publié aux échelles de $\frac{1}{125000}$ et de $\frac{1}{250000}$.

Le lac Mono occupe exactement le centre de la Carte; il est de forme circulaire et son plus grand diamètre a 24^{km} environ; sa surface est de 220^{kmq} et sa plus grande profondeur de 61^{m}.

M. Pierce annonçait encore qu'une méthode que l'on peut rapprocher de celle dont il venait d'être question avait été employée pour étudier la surface de contrées découvertes, mais coupées de ravins où il eût été difficile, sinon impossible, de recourir à la méthode ordinaire des intersections.

« Une base bien choisie ayant été mesurée, deux opérateurs, chacun avec une planchette, se plaçaient à ses extrémités. Un

---

([1]) « Positions of soundings were recorded by means of two plane-tables operated in concert. One of a single central station, on an Island near the centre of the lake, and other from a series of stations around the lake shore. On account of the size of the lake and the mirage, communication between the boat and the stations, by signalling, was not attempted, but the position of the boat was noted at equal-time intervalls, by line of direction on cach table (taken of course simultaneously), from which the course of the boat was afterwards plotted by intersection (on a third sheet) of the two systems of lines.

» A time record was also kept of the soundings in the boat, and these were then interpolated between the time-marked intersections. » (*Lake Mono region Survey,* by Willard, D. Johnson U. S. geological Survey, dans Pierce, *On the use of the plane-table,* p. 31.)

L'emploi simultané de deux planchettes pour relever des sondes sur les côtes date au moins du siècle dernier, comme on peut le voir dans l'*Art de lever les plans* de Dupain de Montesson, 1re Partie, Chap. X. Mais l'exemple cité par M. Pierce a un autre intérêt, car il montre d'un seul coup toutes les ressources de la planchette et le très grand parti que l'on en peut tirer pour lever en peu de temps de grandes étendues de terrain en pays très accidenté où la méthode des intersections conservera toujours, en effet, sa supériorité.

cavalier, portant un pavillon fixé au haut d'une hampe (*staff*), allait alors se placer successivement en des points convenablement espacés (souvent même sans doute assez rapprochés les uns des autres) et les deux opérateurs visaient à la fois ce signal mobile. On obtenait ensuite les points correspondants en reportant les lignes de visée de l'une des planchettes sur l'autre. Des surfaces de plusieurs milles carrés ont été reconnues et relevées très rapidement par ce procédé, avec des détails qui eussent exigé de longues et pénibles opérations par toute autre méthode. »

EMPLOI SIMULTANÉ DU DESSIN PITTORESQUE ET DU THÉODOLITE OU DE LA PLANCHETTE. — Nous reproduisons enfin le passage suivant de la communication de M. Pierce, qui fait ressortir l'utilité du dessin pittoresque, en même temps qu'il confirme l'opinion déjà émise, à tant de reprises, sur les avantages du lever à la planchette.

« Parmi les diagrammes exposés, on trouvera une série de profils esquissés ou de croquis panoramiques extraits d'un carnet de notes de campagne pour le lever des sources du Mississipi. Dans le lever des grandes surfaces pour la Carte américaine, *une série continue de ces croquis est prise de chacune des stations où l'on installe le théodolite et, auprès des différents points remarquables, on inscrit les angles observés. Ces croquis, quoique imparfaits, sont d'un grand secours pour la construction de la Carte, non seulement parce qu'ils servent à enregistrer les observations, mais pour rappeler les formes du terrain.*

» Celui qui opère avec la planchette a incessamment devant les yeux le panorama naturel, d'après lequel il peut représenter sûrement et de la manière la plus saisissante les accidents du relief du sol, en les contrôlant et en les corrigeant au besoin. *Lorsque plusieurs objets naturels sont pris pour repères, un croquis est le meilleur moyen de les distinguer et vaut mieux que toutes les descriptions écrites pour éviter les erreurs d'identité.* Comme compléments du dessin topographique, les croquis pris de points élevés sont très précieux. »

Et plus loin : « Dans les levers récents du Yellowstone Park, on a trouvé avantageux de dessiner *des croquis panoramiques continus sur des planchettes légères.... Ces croquis constituent, en réalité, une reconnaissance de toute l'étendue du terrain levé et sont bien préférables à ceux que l'on trace à la hâte sur les feuillets d'un carnet de notes* (1). »

XXX. — *Suite de l'enquête. Observations présentées par plusieurs assistants, particulièrement en ce qui concerne l'emploi de la planchette dans les colonies.*

On a vu que M. Pierce avait parlé des services que la planchette pouvait rendre aux ingénieurs coloniaux; il est donc intéressant de connaître, à ce sujet, l'opinion des personnes les plus compétentes qui assistaient à sa communication. Deux d'entre elles, M. le général J.-T. Walker, C. B., et le lieutenant-colonel E.-H. Holdich, R. E., se trouvaient précisément dans ce cas, le premier ayant dirigé pendant longtemps les travaux topographiques dans l'Inde (2) et le second ayant été chargé d'importantes opérations de délimitation sur la frontière de l'Afghanistan.

Le général Walker, familiarisé pourtant, depuis trente ou quarante ans, avec la planchette, convenait tout d'abord que

---

(1) Le lecteur retrouvera au Chapitre III de ces Recherches les idées émises dans les passages soulignés, exprimées presque dans les mêmes termes, appliquées depuis plus d'un siècle par l'illustre Beautemps-Beaupré et que nous n'avons cessé de recommander depuis près de cinquante ans à l'attention des topographes, en leur montrant le parti si avantageux qu'ils pouvaient tirer des perspectives exactes obtenues à l'aide de la chambre claire et plus facilement encore par la Photographie.

Les ingénieurs de la Carte topographique et de la Carte géologique des États-Unis, de leur côté, n'ont pas seulement fait usage de croquis panoramiques, mais aussi, depuis plusieurs années, de vues photographiques du plus grand intérêt et d'une rare perfection, prises dans les parties les plus pittoresques des Montagnes-Rocheuses, du Colorado, du Yellowstone Park, etc. Il en sera également question au Chapitre III.

(2) Les belles Cartes de l'*Atlas indien* à l'échelle de $\frac{1}{63\,360}$ ont été publiées sous la direction du général Walker, qui en avait réuni les éléments par la méthode indiquée ci-après.

M. Pierce lui avait appris beaucoup de choses qu'il ignorait. « Dans l'Inde, ajoutait-il, où le lever à la planchette est pratiqué depuis un siècle environ, on se sert d'une simple tablette de $0^m,60$ sur $0^m,75$, avec un écrou en laiton encastré en dessous et dans lequel pénètre une vis portée par l'embase d'un pied à trois branches, et c'est tout. On reconnaît, au contraire, dans les descriptions qui viennent d'être faites, l'intention de convertir la planchette en *instrument universel;* or, dans l'Inde, rien de semblable n'avait été tenté, l'instrument étant simplement destiné à relever sur le terrain les détails qui n'avaient pas été obtenus trigonométriquement. Il y avait eu cependant deux systèmes d'opérations : un lever topographique pur et simple appuyé à un réseau trigonométrique et un autre à plus grande échelle qui correspondait au Cadastre et s'étendait sur les riches plaines de l'Inde. Pour ce dernier, le territoire d'un village étant limité, ce qu'il importait de déterminer, c'était l'exacte périphérie de chaque territoire.

» Cela était fait en cheminant avec le théodolite et la chaîne et en fixant les points de repère qui devaient fournir des bases pour le lever à la planchette. Celui-ci était effectué aux échelles de 16^{po} et de 32^{po} pour un mille usitées pour le Cadastre ($\frac{1}{8000}$ ou $\frac{1}{4000}$ environ). Dans ces opérations, l'alidade employée était simplement une règle armée de deux pinnules, les alidades à lunette n'ayant même pas été utilisées. Le nivellement principal était obtenu à l'aide d'un niveau à bulle d'air et à lunette formant un instrument séparé, et pour le tracé des courbes de niveau (dans les plaines) on se servait d'un simple niveau d'eau [1].

» La planchette est un admirable instrument de lever qui fait faire une grande économie de travail, disait encore le général Walker. Au lieu de dessiner des croquis et d'inscrire sur un carnet les mesures prises sur le terrain pour les rapporter ensuite dans le bureau, toutes ces mesures sont immédiatement rapportées sur place, ce qui évite du travail et *permet de représenter des détails qui ne pourraient pas*

---

[1] Notons, en passant, que ces véritables plans cadastraux portaient des courbes de niveau.

être consignés sur le carnet. L'instrument lui-même paraît avoir acquis une grande importance en Amérique; dans l'Inde on a toujours limité son emploi à l'exécution des détails et cela constitue une différence essentielle au point de vue de la précision (1). »

Le lieutenant-colonel Holdich a confirmé tout ce que le général Walker avait dit des levers ordinaires à la planchette et de ceux du Cadastre dans l'Inde. « Mais depuis vingt-cinq ans (vers 1860), disait-il, on s'est avisé d'une planchette peut-être encore plus simple, que l'on pourrait qualifier de *géographique.* Après une première exploration d'un pays, pour avoir quelque chose de plus complet que ce qui est consigné sur les *itinéraires* de ceux qui l'ont parcouru rapidement, on a eu recours à la méthode régulière du lever à la planchette, pratiquée dans l'Inde, et l'on a reconnu qu'elle pouvait se plier encore à ce genre d'opérations. On ne prétendait sûrement pas atteindre autant d'exactitude que pour le Cadastre des plaines de l'Inde, mais il s'agissait cependant encore d'une sorte de lever régulier, avec une triangulation faite à l'aide du théodolite et les détails topographiques exécutés à la planchette. En définitive, les principes restent les mêmes dans tous les cas et, ce qu'il faut préciser, c'est la ligne de démarcation entre la triangulation faite avec des instruments divisés (le canevas trigonométrique) et la triangulation graphique (suffisante pour le lever des détails). Dans l'Inde, par exemple, la première était poussée plus loin qu'en Amérique. Or, quand la planchette porte un grand nombre de repères, le topographe devient, comparativement, indépendant; il peut donc se contenter d'un instrument moins parfait et c'est ce qui explique et justifie la simplicité de la planchette dont a parlé le général Walker.

» Dans les travaux poursuivis sur la frontière Afghane par les Russes et les Anglais, les opérateurs, avec des instruments rudimentaires composés d'une tablette de bois blanc portée par un pied à trois branches, ont cependant employé les deux systèmes. Les topographes russes faisaient exclusivement

---

(1) *Discussion of the use of the plane-table,* pages 33-34.

usage de la triangulation graphique, mais en vérifiaient l'exactitude, en déterminant les latitudes astronomiquement et les longitudes par le transport de chronomètres aux points extrêmes de leurs levers, tandis que les topographes anglais effectuaient une triangulation précise au moyen du théodolite depuis l'Inde jusqu'à la frontière de l'Afghanistan, en traversant la frontière de Perse à l'Hindou-Kousch et en revenant dans l'Inde. Le long de la frontière à déterminer, les opérateurs anglais avaient des points triangulés en assez grand nombre pour pouvoir travailler sur leurs planchettes, selon le système indien. »

Le général Walker avait affirmé que l'on pouvait assez rapidement dresser des topographes, même en recourant à des personnes peu instruites; le colonel Holdich l'a prouvé, de son côté; la triangulation seule était faite par des officiers exercés et c'est avec des opérateurs improvisés et peu nombreux (trois ou quatre) qui les secondaient que l'on est parvenu à couvrir en deux ans une étendue de territoire qui mesurait 120000 milles carrés (300000^{kmq}). « Les Cartes ainsi construites n'étaient sans doute pas aussi achevées que celles des Américains, mais il n'y avait rien de négligé au point de vue topographique de ce qui avait une importance militaire ou politique. »

XXXI. — *Suite de l'enquête. Opinions diverses concernant l'usage de la planchette de précision.*

Parmi les autres assistants qui ont pris part à la discussion provoquée par M. Pierce, un certain nombre et ceux surtout qui avaient été attachés à la grande Carte topographique du Royaume-Uni (*Ordnance Survey*), sans contester l'utilité de la planchette, étaient d'avis que c'est avec raison qu'elle n'a pas été adoptée en Angleterre pour les opérations cadastrales. Ils pensaient, en général, qu'il vaudrait toujours mieux, quand on emploie cet instrument, ne pas chercher à atteindre une très grande exactitude et se contenter alors d'une planchette légère (du poids de 10 à 15 livres au plus) plutôt que de recourir

aux planchettes de précision dont le poids atteint de 40 à 50 livres.

Ils n'ignoraient pas cependant que ces instruments avaient été couramment employés sur le continent et aux États-Unis, mais l'un d'eux, M. Brough, faisait remarquer que presque partout on leur préférait aujourd'hui le tachéomètre (*transit theodolite and stadia*). Cette préférence se manifestait depuis quelques années, selon lui, même aux États-Unis où le professeur J.-B. Johnson a levé, au tachéomètre, rien qu'en Pennsylvanie, 3000 milles carrés (75000^{kmq}). M. Brough avait expérimenté lui-même la planchette dans les montagnes du Harz et en Suède où de fréquents orages ont lieu, et il avait été amené à conclure que l'avantage résultant de ce que l'on construit le plan sur le terrain se trouve contrebalancé par une augmentation de dépense, le travail sur le terrain étant beaucoup plus cher que celui que l'on exécute dans le bureau.

D'autres membres défendaient, au contraire, énergiquement la planchette de précision. Ainsi, M. T.-G. Gribble, faisant allusion à ce que l'on était allé jusqu'à contester les avantages économiques de la planchette dans les études de chemins de fer, rappelait que M. Walrond Smith s'en était servi avec un succès incontestable dans des cas où l'on était pressé par le temps. « Une fois, entre autres, où l'on avait à craindre que le personnel qui opérait ne pût pas parvenir à faire le travail en temps utile, M. Smith arrivait avec sa planchette, se mettait à l'œuvre, en dépit de la plus vive opposition, et terminait seul, dans le délai fixé, le lever impatiemment attendu. »

Quelques renseignements complémentaires a propos des instruments que l'on peut associer a la planchette, notamment la chambre noire et la chambre claire. — Un autre interlocuteur, M. Kilgour, qui avait exécuté de nombreux levers topographiques dans les Alpes, en Égypte, dans l'Afrique du Sud, citait les instruments qu'il avait été conduit à employer conjointement avec la planchette. Tout d'abord, il donnait un aperçu des conditions variables dans lesquelles il avait dû opérer selon les pays, les climats, le but à atteindre, etc., expliquant, par exemple, par quel tour de force il était par-

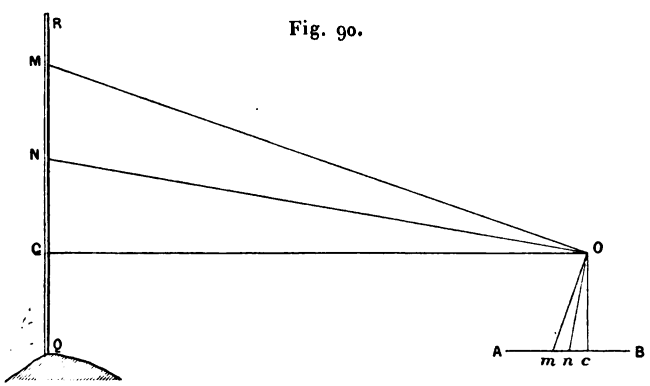
venu (1) à relever les bords du Nil entre la première et la

(1) Nous ignorons si M. Kilgour, qui était en possession de tant de ressources, s'est servi de l'*omnimètre* d'Eckhold, mais nous saisissons l'occasion qui se présente de signaler un instrument permettant, paraît-il, de mesurer avec une très grande précision les distances et les différences de niveau de points assez éloignés de celui que l'on a choisi pour station.

L'omnimètre, imaginé par Eckhold, en Angleterre, de la famille et de la forme des instruments de Géodésie dits universels et pouvant, en effet, s'adapter comme eux aux différents usages du théodolite et du cercle méridien, est pourvu en outre de deux organes conjugués qui constituent un micromètre particulièrement délicat, savoir : un puissant microscope dont l'axe optique est perpendiculaire à celui de la lunette et qui est entraîné par celle-ci dans son mouvement de rotation, et une échelle horizontale placée immédiatement au-dessus du cercle azimutal (à 6po au-dessous de l'axe de rotation de la lunette) dont les divisions sont lues à l'aide du microscope. Cette échelle peut se mouvoir micrométriquement devant un index porté par une monture rectangulaire fixe, à l'une des extrémités de laquelle se trouvent un écrou, la vis micrométrique et son tambour. L'échelle a une longueur de 4po et est divisée en 200 parties numérotées de deux en deux, et le pas de la vis est égal à l'une de ces divisions. Le tambour est lui-même divisé en 100 parties égales dont on apprécie le cinquième au moyen d'un vernier; en sorte que l'on peut considérer l'échelle de 4po ($0^m,1016$) comme divisée en 100000 parties égales par ce mécanisme, ce qui correspond à peu près, pour l'une des divisions, à un millième de millimètre (*un micron*).

Le principe de la mesure des distances et de celle des différences de niveau, à l'aide de cet instrument, est facile à saisir (*fig.* 90).

Fig. 90.



O est le centre de rotation de la lunette et du microscope;

AB l'échelle divisée horizontale, et *c* le pied de la perpendiculaire abaissée du point O;

QR est une mire verticale placée au point Q dont on veut déterminer la distance horizontale OC;

seconde cataracte, *avec une planchette installée sur le pont d'un bateau.*

---

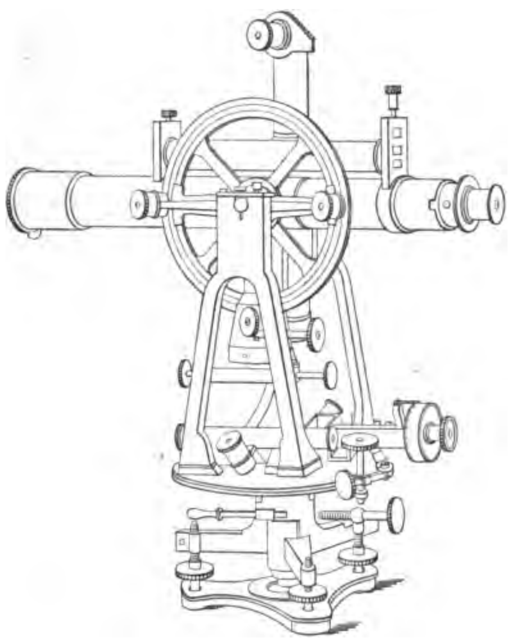
m et *n* sont les deux divisions de l'échelle correspondant aux positions OM et ON de la lunette, O*m* et O*n* du microscope.

On a évidemment

$$\frac{\mathrm{OC}}{\mathrm{O}c} = \frac{\mathrm{MN}}{mn},$$

et l'on en conclut tout d'abord que si l'on a mesuré avec soin, à la chaîne ou avec des règles, une première distance OC, l'intervalle MN des deux voyants étant connu et *mn* observé, on pourra calculer très exactement la constante O*c*. Cela fait une fois pour toutes, la même formule donnera

Fig. 91.



Omnimètre d'Eckhold.

les distances de l'instrument disposé à une station quelconque aux différents points où l'on enverra le porte-mire, et les différences de niveau, QN étant connu, se déduiront de la formule $\frac{\mathrm{CN}}{\mathrm{CO}} = \frac{\mathrm{C}n}{\mathrm{O}c}$.

Nous ne savons pas si cet instrument (*fig.* 91) est très répandu en Angleterre (il figure cependant au Catalogue d'*Elliott brothers* de Londres, avec

Nous ne suivrons pas M. Kilgour dans ses voyages ni dans les détails qu'il donne sur ses différentes manières d'opérer, qui intéresseraient surtout les explorateurs, et nous nous contenterons de dire qu'indépendamment de mires spéciales très hautes pour mesurer de grandes distances avec un micromètre (à la manière de Beautemps-Beaupré), de niveaux de précision, de la boussole associée à la planchette, du baromètre anéroïde, enfin du théodolite employé particulièrement pour faire des déterminations de longitudes et de latitudes, cet observateur expérimenté avait eu des occasions de recourir à la *chambre noire* et à la *chambre claire*.

Ainsi, pendant l'hiver de 1866-1867, comme il était employé à faire des études de tracés au col du Saint-Gothard, dans le but d'abréger la longueur du tunnel à percer entre les vallées de la Reuss et du Tessin, son collègue, Amadeo Gentili, ingénieur autrichien distingué, qui avait l'expérience des levers de ce genre, avait pensé que la première chose à faire était d'obtenir des *panoramas photographiques pris pendant l'hiver*. Le travail fut poursuivi, par tous les temps, dans les régions les plus difficiles, et il fut exécuté si promptement que, selon l'expression de feu M. Scott Russell, qui y avait aussi pris part, on en était à se demander s'il y avait eu ou non de la neige. Malheureusement, l'auteur ne donne aucun renseignement sur la manière dont on se servait de ces panoramas et il explique, au contraire, longuement comment, les triangulations et l'usage de la planchette devenant impossibles, on y avait suppléé par des mesures directes de distance à la stadia, des relèvements à la boussole et des nivellements au baromètre anéroïde, puis avec le niveau d'Abney ([1]).

Dans une autre partie de son argumentation où il revient sur l'emploi de la planchette avec une alidade munie d'une lunette

---

le tachéomètre breveté de ces constructeurs, dont le prix varie de 40 à 70 livres sterlings, sans les accessoires) ou dans d'autres pays, mais il est à peine connu en France où l'on juge avec raison, pensons-nous, qu'il vaut mieux distinguer les instruments de Géodésie des instruments de Topographie, et laisser à ces derniers le caractère de simplicité, on pourrait dire de rusticité, nécessaire pour les usages auxquels ils sont destinés.

([1]) PIERCE, *On the use on the plane-table*, page 42.

puissante et d'un micromètre, c'est-à-dire de la planchette de précision, M. Kilgour ajoute :

« Le seul instrument spécial adjoint à cette planchette, dans diverses circonstances, fut la *chambre claire. Au moyen de ce petit appareil, des panoramas peuvent être dessinés à chaque station et les angles des détails omis dans le relevé ordinaire peuvent y être mesurés, puis rapportés très rapidement.* Cet instrument sert aussi à amplifier ou à réduire les plans sans que l'on ait à craindre les déformations produites par la chambre obscure. Sa tablette est posée sur un pied à trois branches ordinaire et peut en être séparée. On la règle au moyen d'un niveau sphérique et de vis calantes (1). »

Il nous sera sans doute permis de nous féliciter de ce que des instruments et une méthode que nous recommandions depuis si longtemps aient été utilisés par des opérateurs étrangers tout à fait compétents en matière de levers rapides, qu'ils eussent eu ou non connaissance de nos recherches et de nos travaux.

XXXII. — *Conclusions de l'enquête.*

En résumant les diverses opinions émises, M. Pierce a pu conclure qu'en définitive tout le monde s'accordait à reconnaître les nombreuses et précieuses propriétés de la planchette. Il était, en effet, démontré que celle-ci avait été employée avec succès tour à tour à l'état d'instrument de précision, de planchette simple ou même de tablette très portative dans les levers réguliers, à la construction de plans cadastraux, de cartes topographiques et même de cartes géographiques, enfin dans les reconnaissances rapides.

Quelques objections avaient été faites seulement à l'emploi de la planchette de précision, particulièrement par les officiers attachés à l'*Ordnance Survey*. Il y en avait de fondées et l'on en devait tenir compte, mais il était facile de répondre aux

(1) *Ibid.*, page 46.

autres en montrant les résultats obtenus, par exemple, aux États-Unis.

« La perfection des Cartes topographiques et géologiques de ce pays, disait M. Pierce, est due à *l'esprit de corps* d'une élite d'ingénieurs instruits et exercés qui savent employer la planchette de précision dans les meilleures conditions, en tenant compte du climat et de l'état de l'atmosphère.

» La question de l'hygrométricité du papier n'est même pas insoluble, si l'on veut bien prendre quelques précautions assez simples, parmi lesquelles le choix du papier lui-même, les moyens de le mettre à l'abri de l'humidité en dehors des heures où il est porté sur le terrain, la vérification fréquente de l'égalité des différents diamètres d'une circonférence de grand rayon tracée sur le papier tendu sur la planchette, celle des *distances linéaires* des points trigonométriques qui y sont rapportés, etc. »

Voici enfin quelques-unes des conclusions que M. Pierce a cru pouvoir formuler et par lesquelles nous terminerons nous-même des citations que nous n'avons pas craint de multiplier en raison de l'importance d'une question qui n'avait pas encore été soumise, comme elle l'a été en Angleterre, à une enquête contradictoire des plus sérieuses.

« La nécessité quelquefois gênante de placer l'instrument rigoureusement au-dessus du point de la station s'impose seulement dans le cas des levers à de très grandes échelles et diminue d'importance à mesure que l'échelle diminue elle-même.

» Aux plus grandes échelles employées en Topographie, de $\frac{1}{1200}$ à $\frac{1}{2400}$ (nous dirions de $\frac{1}{1000}$ à $\frac{1}{2000}$), la planchette ne suffit plus pour effectuer les triangulations et le nivellement trigonométrique doit être remplacé lui-même par des opérations plus précises. En s'arrêtant à l'approximation de $0^m,30$, la stadia peut alors être employée pour évaluer les distances jusqu'à 200^m ou 300^m.

» Il ne serait pas possible de se faire une idée de la dépense d'après des expériences isolées, mais l'on sait que, sur le même

terrain, elle varie sensiblement comme le carré de l'échelle. Ainsi, le prix du *pouce carré* des cartes topographiques levées à la planchette sur le continent a été à peu près uniformément en moyenne de 10 shillings (environ 200^{fr} par décimètre carré), quelle que soit l'échelle.

» L'emploi de la planchette a des limites pratiques; on a reconnu, par exemple, qu'il n'est pas économique dans les levers détaillés des pays de plaines ou très boisés, tandis qu'il atteint son maximum d'effet dans les levers topographiques embrassant d'assez grandes étendues de terrain accidenté. »

Il serait sans doute hors de propos de soutenir plus avant une thèse qui avait, pensons-nous, pour objet de mettre en garde les ingénieurs et les topographes contre la tendance à négliger un excellent instrument qui, sous ses diverses formes, peut toujours rendre de grands services. Nous n'irons pas jusqu'à prétendre que la planchette de précision sera toujours préférable au tachéomètre, mais il n'y a rien d'exagéré à lui accorder le même degré de confiance, car les organes essentiels des deux instruments sont identiques : la lunette stadimétrique pour la mesure des distances et le cercle ou le secteur vertical divisé pour celle des pentes et des différences de niveau. Seules les directions sont déterminées graphiquement avec la planchette, tandis qu'elles le sont par des lectures et des rapports d'angles avec le tachéomètre. On retombe donc ainsi sur l'antique lutte entre la méthode du tracé et du rapport immédiat des mesures sur le terrain et celle des mesures inscrites sur un carnet et rapportées dans le cabinet, que l'invention de la Tachéométrie n'a fait que raviver.

XXXIII. — *Sur les noms donnés, à d'autres époques, à la Topographie et sur les différentes manières de rapporter les plans.*

DÉFINITIONS ET DISTINCTIONS A ÉTABLIR. — Les mots dont le sens nous semble le plus précis et définitivement fixé ont cependant été diversement interprétés selon les temps, et il arrive,

même à présent, que sous le prétexte de préciser davantage, mais en réalité par amour du néologisme, on en altère la signification.

Le nom de *Topographie* [1], par exemple, est dans ce cas. On verra, au Chapitre suivant, qu'il a été pendant longtemps appliqué, à juste titre d'ailleurs, à la représentation pittoresque des localités et en particulier des lieux habités, châteaux, villes, etc., se confondant ainsi avec ce que l'on appelle plus communément à présent *une vue en perspective cavalière, panoramique,* etc., ou bien encore, à une autre époque, avec l'expression de *Scénographie* (conservée dans le mot anglais *scenery,* paysage), liée systématiquement à ces deux autres, l'*Ichnographie* et l'*Orthographie,* qui désignaient l'une le plan géométral et l'autre l'élévation ou le profil proprement dit, également géométral, quand on les appliquait toutes les trois à la fois au dessin d'un édifice ou d'un ensemble d'édifices et par extension aux paysages, aux plans et aux profils, coupes ou sections verticales du terrain [2].

Actuellement (et dans tout ce qui précède nous l'avons admis sans restriction), on désigne sous le nom de *Topogra-*

---

[1] Il est bien entendu que nous ne parlons ici que de la Topographie dessinée. On sait bien, et nous le rappellerons plus loin, que pour la description écrite ou parlée des localités, on se sert de la même expression.

[2] Voici ces définitions telles qu'elles sont données dans un excellent Ouvrage du milieu du XVIIe siècle :

« Scenographia aut pictura est repræsentatio apparentiæ objecti, in superficie plana, quam sectionem vocamus. Quemadmodùm geometria dividitur in tres partes principales, velut in longimetriam, planimetriam et stereometriam (in quà stereometrià reliquæ duæ partes continentur) ita quoque scenographia aut pictura dividitur in tres partes, in ichnographiam, orthographiam et scenographiam, in quà scenographia duæ precedentes partes similiter comprehendentur, qnarum singulas suo loco definiemus. Ac perindè uti longimetria et planimetria plerumque geometria vocantur. Ita ichnographia et orthographia quoque communiter dictuntur pictura aut scenographia omnes autem simul perspectiva. » (SAMUELIS MAROLOIS, *Opticæ sive Perspectivæ,* Pars prima. — MAROLOIS, complété par Albert GIRARD. Grand in-4°; 1647).

On doit remarquer la relation étroite dans laquelle les auteurs de ce temps maintenaient le dessin géométral (plans, coupes et élévations : *Ichnographie* et *Orthographie*) et le dessin pittoresque (vues en perspective : *Scénographie*). C'est, du reste, ce qu'ont continué à faire les architectes, beaucoup plus que les topographes.

phie l'art de lever les plans et de dessiner ou de dresser les cartes à d'assez grandes échelles pour que l'on y puisse représenter *géométriquement* les principaux accidents du terrain avec plus ou moins de détails.

Dans une Note placée au commencement de ses *Études théoriques et pratiques*, etc., le colonel Goulier a introduit un mot nouveau pour distinguer « les levers *topométriques*, dans lesquels on définit les éléments de la carte par des mesures géométriques, des levers *topographiques*, dans lesquels beaucoup de ces éléments, et en particulier la figure du terrain, sont dessinés à vue ».

Nous ne croyons vraiment pas nécessaire d'amoindrir la signification du mot *topographie* ([1]) et de recourir à celui de *topométrie*. Il y a, en effet, la topographie rigoureuse dans toutes ses parties, la topographie avec planimétrie rigoureuse et figurée du terrain approximatif, la topographie exécutée plus ou moins rapidement et plus ou moins régulièrement, enfin les simples reconnaissances toujours topographiques. Toutes ces nuances sont bien établies et personne ne s'y trompe.

Il serait, à coup sûr, beaucoup plus à propos de distinguer nettement les différentes manières dont on s'y prend pour rapporter les plans et spécialement celles qui s'appliquent aux levers réguliers, pour lesquels a été créé l'art de la Topographie. C'est ce que l'on n'a pas manqué de faire, nous l'avons vu, au cours de l'enquête sur la planchette de précision et sur quoi nous sommes tenu de revenir, après la remarque qui termine le Paragraphe précédent.

Des relèvements numériques. — Ce procédé (très communément employé dans les arts mécaniques sous le nom de *croquis cotés*) consiste à mesurer tous les éléments, angles et distances, à les inscrire sur un carnet en y joignant des *croquis visuels* en nombre suffisant, puis à rapporter toutes ces mesures dans le cabinet. C'est celui que l'on applique néces-

([1]) Faudrait-il remonter à l'origine de cette expression et rappeler la division classique et très satisfaisante qui date au moins d'Aristote en *Cartes géographiques, chorographiques* et *topographiques*.

sairement avec le tachéomètre et qui a peut-être suggéré l'idée de chercher un mot nouveau.

Porro avait pourtant déjà fait remarquer que cette méthode, suivie par les Anglais bien avant la vogue de la stadia, tendait de son temps à se répandre parmi les géomètres, c'est-à-dire à se substituer à cette autre, plus généralement répandue, des *levers rapportés sur le terrain*.

« En Angleterre, écrivait-il ([1]), dans toutes les opérations, notamment dans celle du *Survey of Land's office*, on a adopté depuis longtemps la méthode des *relèvements numériques* et les instruments gradués sont employés concurremment avec les mesures à la chaîne, avec l'équerre à réflexion et autres moyens semblables pour le relèvement des cartes du Cadastre paroissial.

» La tendance générale des géomètres à employer des instruments gradués se montre de plus en plus parmi nous, et déjà il en est beaucoup qui emploient des équerres graduées ou des boussoles dans lesquelles on place des *verniers* et où l'aiguille aimantée ne fournit plus qu'une *orientation primitive* ([2]). Ces géomètres y trouvent leur compte, quoique cela les force à enregistrer des éléments numériques et à ne construire le plan que dans le cabinet et d'après ces éléments, non sans avoir tracé, s'ils le jugent convenable, *une esquisse à vue* du terrain sur lequel ils ont opéré. Ils obtiennent ainsi, quoique graphiquement, un tracé beaucoup plus exact, dans le calme du cabinet, qu'ils n'auraient fait en campagne, aux alternatives de l'ardeur du soleil, des vents et de l'humidité, qui tendent, distendent et font boursoufler parfois considérablement le papier, tout en rendant fatigante et pénible la condition de l'opérateur qui achète bien cher, sur le terrain,

---

([1]) *Loc. cit.*, page 294.

([2]) Porro reconnaît ainsi que l'idée de l'orientateur magnétique, d'une précision supérieure à celle du déclinatoire ordinaire, était pratiquée avant qu'il ne l'eût introduite dans son tachéomètre. Cette idée se trouve, en effet, indiquée et le perfectionnement (addition d'un vernier) décrit dans l'Ouvrage de G. ADAMS : *Geometrical and graphical Essays*, page 210; elle est toujours appliquée dans la construction de certaines boussoles anglaises.

l'avantage de n'avoir plus rien à faire quand il est rentré chez lui ni durant le temps où l'atmosphère ne lui permet pas de tenir la campagne. »

Levers rapportés sur le terrain. — L'opinion exprimée dans le passage précédent, laquelle a surtout régné en Angleterre où le théodolite n'a pas cessé d'être très employé depuis bientôt trois siècles, et que Porro avait naturellemeni adoptée dans l'intérêt du succès de son tachéomètre, est contestable sous bien des rapports, et la préférence accordée jusque dans ces derniers temps sur le continent à l'autre méthode se justifie très facilement.

Rappelons, en effet, sans craindre les redites, que celle-ci consiste à rapporter immédiatement les mesures que l'on prend et à dessiner les plans sur place, en employant la planchette et son alidade ou la boussole et une simple planchette à dessiner. On procède d'ailleurs ainsi, aussi bien pour les levers réguliers, comprenant le nivellement et le figuré rigoureux du relief du terrain, que pour les levers expédiés et les reconnaissances plus ou moins détaillées.

Les avantages de cette méthode directe ont été mis en lumière dans les Paragraphes précédents, tant à propos de la communication faite par M. Meyer devant la Société des Ingénieurs civils de France, que celle de M. Pierce, soutenu par d'autres orateurs, devant celle des Ingénieurs civils de Londres, et il n'y a pas lieu d'insister davantage sur les preuves et les arguments invoqués par chacun d'eux. Tâchons donc de démêler les motifs qui peuvent déterminer les opérateurs à préférer l'une des deux méthodes à l'autre.

Du choix a faire entre les deux méthodes précédentes et les instruments appropriés. — Il est à remarquer tout d'abord que la question du *plus ou moins grand nombre* de mesures effectuées ou estimées (habituellement rattachées d'ailleurs à des triangulations de divers ordres) ne change rien au fond de ces méthodes; aussi les meilleurs topographes sont-ils ceux qui, selon les circonstances et le but à atteindre, savent choisir l'échelle convenable, les détails qui doivent être re-

présentés avec plus de soin, ceux qui peuvent être négligés ou seulement indiqués, et, ces différentes conditions remplies, opèrent le plus rapidement avec les instruments les mieux appropriés.

Pour devenir habile dans un art plus délicat qu'on ne le suppose généralement, il faut avant tout s'être exercé à faire des levers réguliers à grande échelle, c'est-à-dire des plans exacts et des nivellements rigoureux par courbes de niveau; c'est seulement après cette solide initiation que l'on peut entreprendre avec succès les levers expédiés et les reconnaissances dont on doit d'ailleurs toujours s'attacher à assurer l'exactitude suffisante en vue de la construction d'une carte et d'après les mêmes principes que pour les levers réguliers.

Pour les levers expédiés, il serait à peu près impossible de s'en tenir à la méthode des relèvements numériques, à moins de multiplier les croquis visuels, ce qui est une manière indirecte de revenir à celle des levers rapportés sur le terrain. Ceux qui sont exercés à faire usage de cette dernière ont donc sûrement l'avantage sur les autres, ce qui explique pourquoi, sur le continent, avant l'introduction du tachéomètre, elle était à peu près exclusivement employée par les militaires. On n'avait pas moins encore à faire un choix entre les deux instruments avec lesquels on l'appliquait, la boussole et la planchette, et ce choix avait une très grande importance, car il arrive presque toujours que les opérateurs s'inféodent à l'appareil qu'ils ont adopté au point de n'en vouloir plus changer. C'est même là en grande partie l'explication des résistances aux innovations.

En France, depuis Maissiat et Clerc, la boussole nivelante a joui, comme nous l'avons dit et répété, de la plus grande popularité dans l'armée, car en même temps que la brigade topographique du Génie exécutait des levers *nivelés* aux échelles de $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$, $\frac{1}{5000}$, avec une perfection telle qu'on pouvait les qualifier d'*épures du terrain*, c'est en suivant les mêmes principes et avec des instruments analogues, quoique variés dans leur construction, que la plupart des levers et reconnaissances aux échelles de $\frac{1}{10000}$, $\frac{1}{20000}$ et au-dessous, étaient exécutés par les officiers, en temps de guerre comme en temps de paix.

En Allemagne, en Suisse et dans d'autres pays encore, à la même époque, on donnait, comme nous l'avons vu, la préférence à la planchette, et cette préférence a subsisté, même après le triomphe du tachéomètre. Nous savons d'ailleurs que le micromètre avait été tour à tour introduit dans la lunette de l'alidade de la planchette et dans celle de la boussole, en sorte que les instruments qui se prêtent aux levers réguliers immédiatement rapportés sur le terrain offrent, en effet, les mêmes ressources que le tachéomètre avec lequel on n'emploie que la méthode de l'enregistrement des éléments numériques.

Pour les études de terrain destinées aux projets des travaux publics, ainsi que pour le Cadastre dont nous allons nous occuper tout à l'heure, on peut hésiter, selon les climats et les saisons, entre la planchette de précision et le tachéomètre; mais pour les cartes topographiques, nul doute que la boussole nivelante et la planchette simple ou perfectionnée ne soient encore appelées à rendre les plus grands services, et c'est pourquoi nous avons tant insisté sur les avantages de la méthode des levers rapportés sur le terrain.

XXXIV. — *Méthode mixte des alignements en usage dans le Cadastre pour les levers réguliers.*

Indépendamment des deux méthodes générales précédentes qui supposent l'existence d'instruments plus ou moins délicats. il en existe une troisième, depuis longtemps adoptée par les géomètres du Cadastre, qui comporte simplement l'emploi de la chaîne ou de règles et de l'équerre d'arpenteur.

Avec cette méthode dite des *alignements*, on inscrit les longueurs mesurées — sans s'occuper pour les détails d'autres angles que les angles droits — non dans un carnet, mais sur une feuille de papier où l'on trace en même temps, et autant que possible à l'échelle, toutes les lignes qui doivent figurer sur le plan (1).

(1) Dans les premières opérations du Cadastre, en France, au commencement du siècle, on a employé à peu près toutes les méthodes connues

Cette méthode suppose d'ailleurs, comme toutes celles qui visent à l'exactitude, qu'une première grande triangulation ait été exécutée, puis que des triangulations d'ordres inférieurs, mais toujours effectuées avec soin, aient permis de multiplier assez les points de repère pour que l'on puisse jalonner facilement les côtés des derniers triangles. Les différents sommets étant rapportés à une échelle déterminée, sur une grande feuille de papier fort que l'on peut enrouler et dérouler, plier et déplier selon l'endroit du terrain où l'on se trouve, l'opérateur, assisté d'un seul aide, après les avoir convenablement jalonnés, parcourt successivement les côtés qui unissent ces sommets, en mesurant avec la chaîne ou le décamètre en ruban d'acier ou enfin avec des règles, quand on vise à une grande précision, et cote en longueur, chaque fois qu'il les croise, les limites des parcelles, haies, fossés, etc., les chemins, les sentiers, les rigoles, les ruisseaux, etc., en rapportant les points d'intersection sur sa minute, à l'aide d'un double décimètre.

Quand, sur le parcours, il rencontre des alignements de têtes de parcelles, il y laisse un jalon et plus tard il opère, entre deux jalons ainsi placés sensiblement sur le même alignement de parcelles et formant une transversale de l'un des triangles

---

et les instruments correspondants : graphomètre, cercle dit géodésique, boussole, planchette, sans parler de la chaîne et de l'équerre. (*Voyez* le *Manuel de l'Ingénieur du Cadastre*, par M. Pommiès. Paris, Imprimerie impériale; 1808.) Dès la fin du siècle dernier, cependant, on avait cherché à les simplifier, notamment en Angleterre où Emerson en avait indiqué une assez analogue à celle dont il est question dans le texte, mais qui exigeait des mesures d'angles pour les détails; on la trouve décrite dans le Dr Hutton's, *Mathematical Dictionary*, 1796, sous le titre de *Method of Surveying a large State.*

Un autre auteur, Rodham, dont la méthode (*New Method of Surveying and Keeping a field book*) est également exposée dans le *Mathematical Dictionary*, proposait, en effet, d'inscrire dans un carnet à trois colonnes les mesures de longueurs successives faites sur des alignements avec des croquis pris à droite et à gauche des différents points relevés. Mais la méthode perfectionnée des alignements devenue si populaire en France et ailleurs, sans contredit la plus simple de toutes, a été formulée avec une grande clarté par un géomètre en chef du cadastre français, qui l'avait publiée dès 1827 dans un excellent Ouvrage dont la seconde édition est intitulée: *Traité pratique d'Arpentage appliqué au cadastre* (Paris, Carillon-Gœury et Victor Dalmont).

ou *traverse*, comme sur les côtés des triangles eux-mêmes.

La *Pl. I* permet de se rendre compte, d'un seul coup d'œil, de la simplicité de cette méthode et d'en pressentir l'exactitude et la rapidité, pour peu que l'opérateur soit exercé. Ce qui la caractérise, c'est l'emploi à peu près exclusif de la chaîne ou des règles, l'équerre venant toutefois efficacement en aide pour le lever des chemins, sentiers, cours d'eau, pièces d'eau et, en général, les limites non rectilignes, enfin de différents détails, au premier rang desquels il faut placer les bâtiments et les constructions de toute nature.

Si l'on se représente que ces détails, aussi bien que le tracé du *parcellaire*, sont immédiatement rapportés sur le plan sensiblement à l'échelle, sans négliger pour cela de tout coter, on reconnaîtra que cette méthode participe des avantages des deux autres, en ayant en outre celui de n'exiger, en dehors des triangulations exécutées à part, l'emploi d'aucun appareil délicat, coûteux et trop souvent exposé à des accidents qui peuvent le mettre hors de service.

En dépit de la simplicité, nous allions dire de la modestie des moyens qu'elle emploie, il est évident que la méthode des alignements, généralement appliquée à des levers qui exigent beaucoup de précision, serait digne, si l'expression de topométrie était admise, de figurer au premier rang de celles auxquelles il a été fait ainsi allusion.

(*A suivre.*)

LISTE GÉNÉRALE

DES

CONFÉRENCES PUBLIQUES

Organisées en 1897-1898

AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS (¹).

A. — L'UTILISATION DE LA CHALEUR DANS LES FOURS DE LA GRANDE ET DE LA PETITE INDUSTRIE,

Par M. Emilio DAMOUR,

Ingénieur civil des Mines,
Chef des travaux chimiques à l'École nationale supérieure des Mines.

Les dimanches 12 *et* 19 *décembre.*

B. — L'ARCHITECTURE MODERNE,

Par M. Lucien MAGNE,

Architecte du Gouvernement,
Professeur à l'École nationale des Beaux-Arts.

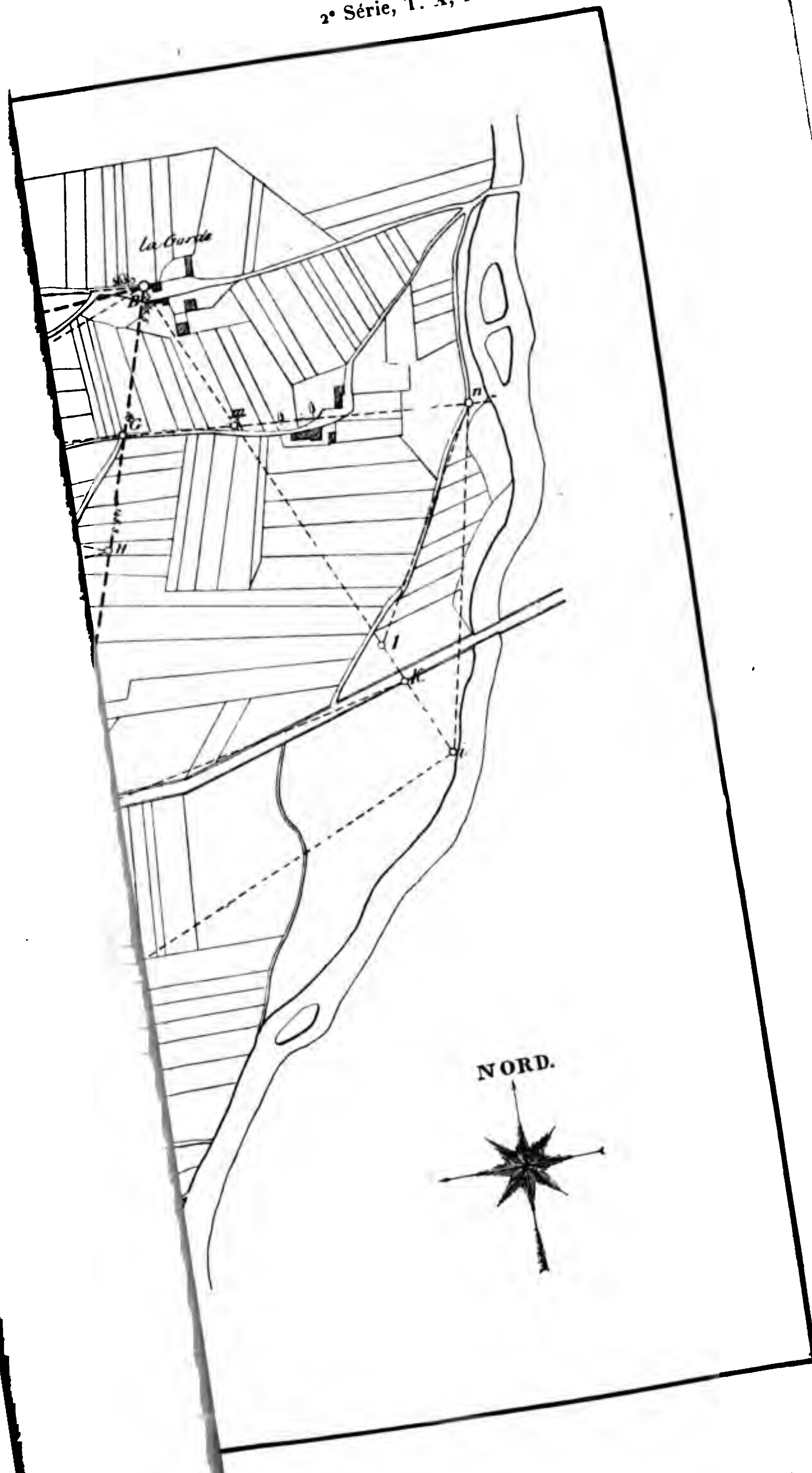
Le dimanche 9 *janvier.*

C. — L'ART DANS LES INDUSTRIES DU MÉTAL, DE LA TERRE ET DU VERRE, DU BOIS ET DES TISSUS,

Par M. Lucien MAGNE.

Les dimanches 20 *et* 27 *février,* 6 *et* 13 *mars.*

(¹) Ces conférences ont eu lieu de deux heures et demie à quatre heures de l'après-midi, dans le grand amphithéâtre de l'établissement.



la Garde
NORD.

DISCOURS

PRONONCÉ LE 15 AVRIL 1898.

AUX OBSÈQUES DE

M. AIMÉ GIRARD,

Membre de l'Institut,
Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers,

Par M. SCHLŒSING,
Membre de l'Académie des Sciences,
Professeur au Conservatoire.

MESSIEURS,

Appelé par mon ancienneté dans la section d'Économie rurale à prendre la parole devant cette tombe au nom de l'Académie des Sciences, je m'y sens invité encore par l'affection qui nous a longtemps unis, M. Aimé Girard et moi.

Pour rendre à notre confrère l'hommage qui lui est dû, il me suffira de retracer en quelques mots sa belle carrière de savant et de professeur.

Ses premiers travaux de Chimie eurent trait à des questions d'ordre purement scientifique; ils révélèrent un observateur sagace, habile à interpréter ce qu'il avait vu et à vérifier son interprétation par des expériences décisives. Des juges tels que Chevreul et Dumas se plaisaient à en constater la valeur. En 1871, M. Aimé Girard jouissait d'une notoriété si bien établie, qu'il pouvait ambitionner et obtenir la succession de Payen dans la chaire de Chimie industrielle instituée au

Conservatoire des Arts et Métiers; sa vocation était dès lors fixée.

La besogne allait être quelque peu nouvelle pour lui; sans en être effrayé, sûr, au contraire, d'arriver par le travail à la hauteur de sa fonction, il consacra toute son ardeur à la préparation de son cours. Avec une affabilité naturelle, une gaieté franche, une loyauté sans conteste, un désintéressement bien reconnu, il avait le nécessaire pour forcer l'entrée des usines; il y fit une éducation professionnelle achevée, remarquable par l'étendue et la variété. Séduits par ce charmeur, les industriels devenaient vite et restaient ses amis; ils lui donnaient sans réserve les renseignements inédits dont il enrichissait ses leçons. En retour, il les faisait largement profiter de son savoir et de son expérience. M. Aimé Girard atteignit ainsi l'âge du plus complet développement de l'énergie et de l'intelligence. On le vit alors produire avec une merveilleuse fécondité et sans désemparer une longue série de travaux aujourd'hui classiques, sur les fibres végétales, le blé, les farines, le pain, la fabrication du sucre, des liqueurs fermentées, de l'alcool ; il acquit bientôt en ces matières une autorité exceptionnelle et devint un conseiller hors de pair, souvent consulté par les pouvoirs publics, dans des questions touchant aux industries les plus diverses. Ce fut une époque très brillante de sa carrière.

Un savant adonné à l'étude des produits tirés du sol est conduit par une pente naturelle à s'occuper de la culture des plantes qui fournissent ces produits. L'occasion d'entrer dans cette nouvelle voie se présenta pour M. Aimé Girard en 1876, quand lui fut offerte la chaire de Technologie agricole à l'Institut agronomique récemment rétabli. En acceptant la tâche de composer un enseignement nouveau, il n'ignorait pas qu'il allait recommencer le labeur de son cours du Conservatoire, non plus en parcourant les usines, mais, pour élucider bien des questions, en s'installant aux champs, dans le vaste laboratoire de l'agriculteur.

Dans l'étude captivante des phénomènes de la vie, on peut faire des applications diverses de la Chimie. Entre les mains d'un Lavoisier, d'un Liebig, d'un Dumas, cette science a servi

à découvrir des lois naturelles qui président à la nutrition et au développement des végétaux. On peut aussi, avec des visées moins hautes, appliquer ce puissant instrument qu'est l'analyse chimique à des recherches agronomiques ayant pour objet de procurer des produits meilleurs, plus abondants, plus rémunérateurs. Ce dernier usage était tout indiqué pour un technologiste habitué à chercher par les méthodes scientifiques le perfectionnement des industries. Les résultats de cet ordre n'ont pas l'éclat des grandes découvertes, mais ils contribuent dans une large mesure au bien-être des populations; ce n'est pas un mince avantage. Au reste, M. Aimé Girard a prouvé qu'il est possible d'acquérir de la sorte une renommée très enviable; car ses études sur le développement et les conditions de culture de la betterave, ses recherches analogues poursuivies pendant dix ans sur la pomme de terre, lui ont donné dans le monde agricole une situation unique, égale à celle qu'il possédait parmi les industriels. Au milieu de tous ces travaux, il avait encore trouvé le temps d'en accomplir un autre, très considérable et très utile, sur la valeur comparée des farines obtenues avec les anciennes meules et avec les nouveaux cylindres; il avait démontré péremptoirement la supériorité des secondes sur les premières, et était ainsi devenu le principal promoteur de la révolution accomplie dans le matériel mécanique de la meunerie.

Dans ces dernières années, à la suite de fréquents assauts de la maladie, M. Aimé Girard dut renoncer, non sans de vifs regrets, au professorat qui avait été pour lui la source de tant de brillants succès; puis des deuils de famille répétés le vinrent attrister. Cependant il est resté ferme au travail avec toute l'ardeur d'autrefois. La mort l'a pris au milieu de cette vaste étude analytique des blés qui a fait l'objet de sa récente et dernière communication à l'Académie.

L'épreuve n'avait pas plus altéré son caractère qu'elle n'avait abattu son courage; jusqu'à la fin il a gardé la bonne grâce et la bonté que chacun lui avait connues dans les jours heureux.

Toutes ces aimables qualités, qui donnaient tant de charme à son commerce, sont maintenant perdues pour ses proches

et pour ses amis : arrêtons-nous du moins sur cette consolante pensée, que notre confrère laisse derrière lui une œuvre solide qui ne périra pas ; son labeur a été fécond et les fruits en seront durables. Son nom restera attaché à de grandes transformations qu'il a opérées dans l'industrie et l'agriculture de notre pays et qui lui mériteront longtemps la reconnaissance de ses concitoyens.

DISCOURS

PRONONCÉ LE 15 AVRIL 1898,

AUX OBSÈQUES DE

M. AIMÉ GIRARD,

Membre de l'Institut,
Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers,

Par le Colonel A. LAUSSEDAT,
Directeur du Conservatoire.

MESSIEURS,

Le confrère, le collègue éminent que la mort vient de nous enlever dans toute la force de son talent, Aimé Girard, était né à Paris en décembre 1830.

Il appartenait à l'une de ces vieilles familles de la bourgeoisie qui ont eu un rôle considérable dans le développement de la grande cité, dans les événements dont elle a été le théâtre, en un mot, dans l'histoire de notre pays.

Ses idées, toutefois, n'étaient pas tournées du côté de la politique, et il avait seulement conservé celles qui étaient le plus profondément enracinées chez les siens, l'amour de la patrie et de sa chère ville natale qui, disait-il, cosmopolite par le charme qu'elle exerce irrésistiblement sur tous, n'en est pas moins, selon l'opinion de plus forts que moi, le cerveau et le cœur de la France.

Sans jamais s'être laissé atteindre par le scepticisme, bien au contraire, son esprit, très affiné, était en garde contre tout ce qui pouvait prendre le caractère de l'exagération, et

il ne ménageait pas les railleries à ceux qui s'y laissaient entraîner.

« Faites de la science, mes amis, leur conseillait-il en terminant, vous corrigerez vos illusions et vous échapperez à des erreurs lamentables. »

Il avait eu lui-même le bonheur de rencontrer, à l'entrée de la vie, plusieurs hommes supérieurs : Pelouze, Gervais (de Caen), Léon Foucault, qui l'avaient guidé ; il le reconnaissait hautement, invoquait leurs noms à tout propos, en ajoutant : « Sans eux, sans la sévérité de leur discipline, qui sait ce que je serais devenu ! »

Après ses études, faites au collège Louis-le-Grand, il était entré, par le hasard des relations de famille, dans le laboratoire de Pelouze, son premier éducateur, qui ne tardait pas d'ailleurs à l'apprécier, si bien qu'en 1854, il le chargeait de la direction de ce laboratoire, fréquenté tour à tour par des élèves dont plusieurs, devenus des savants distingués, demeurèrent les amis et quelques-uns les collaborateurs d'Aimé Girard.

Celui-ci commençait sa carrière de professeur de Chimie dès 1858, à 27 ans, à l'École supérieure de Commerce, sous la direction de Gervais (de Caen), et la même année, il était nommé conservateur des collections de Chimie, de Minéralogie et de Géologie de l'École Polytechnique.

Je l'ai connu depuis cette époque, il y a quarante ans, et peu de temps après je demandais et j'obtenais qu'il fît partie de la Commission scientifique chargée d'aller observer à Batna l'éclipse totale de Soleil du 18 juillet 1860.

Aimé Girard eut ainsi l'occasion d'inaugurer avec moi le photohéliographe horizontal dont les astronomes français et les astronomes américains devaient se servir, en 1874 et en 1882, pour observer le passage de Vénus sur le Soleil.

Déjà, une autre fois, nous étions allés tous les deux à Salerne dans le but d'observer l'éclipse annulaire de mars 1867, avec le même appareil dont nous avions reconnu et mis en évidence les précieuses propriétés et la haute précision.

Les épreuves d'essai faites sur le Soleil pendant les deux ou trois jours qui précédèrent l'éclipse étaient parfaites et

nous donnaient l'espoir d'un plein succès. Malheureusement le temps ne fut pas favorable, et tous nos soins, tous nos préparatifs demeurèrent inutiles.

Ces voyages et l'intimité des relations qu'ils avaient fait naître eussent suffi à entretenir notre affection. Mais les souvenirs que j'évoque ici ne sont pas les seuls, et bientôt après, les épreuves de l'année terrible subies côte à côte contribuaient à resserrer les liens qui nous unissaient.

On me pardonnera, je l'espère, de rappeler les circonstances douloureuses qui m'ont mis à même de connaître à fond le caractère et les qualités morales de l'homme excellent qui allait devenir mon collègue au Conservatoire après avoir été mon collaborateur à l'École Polytechnique.

Aimé Girard s'était fait connaître par des recherches de Chimie photographique, faites seul ou en commun avec M. Davanne, et était devenu l'un des membres les plus actifs et les plus éclairés de la Société française de Photographie.

Vers 1860, Léon Foucault, frappé de la variété et de l'étendue des connaissances de ce jeune collègue, de sa prodigieuse facilité d'élocution et de la pureté de son style, lui proposait de le suppléer et, un peu plus tard, de le remplacer au *Journal des Débats* en qualité de rédacteur scientifique. Il ne s'était pas trompé, car les premiers articles de son suppléant avaient été aussitôt remarqués. Je pourrais citer celui qu'il donna, à son retour d'Afrique, sur le jardin d'essai d'Alger, et qui eut un si légitime succès; d'autres encore, parmi lesquels il y en a un sur l'application de la Photographie au lever des plans, écrit à mon intention en 1865 et qui eut un grand retentissement en Allemagne. C'est une obligation que je lui ai personnellement, et mon devoir était d'en exprimer ici une dernière fois ma reconnaissance.

Sans parler de ses travaux de laboratoire et des Mémoires qu'il commençait à produire, les articles du *Journal des Débats* et du *Bulletin de la Société française de Photographie* étaient loin d'absorber le temps de ce laborieux; car de 1861 à 1864, il publiait en commun avec M. Barreswil un Dictionnaire alors très estimé de Chimie industrielle.

Si mes souvenirs ne me trompent pas, c'était à propos de

l'enseignement dont il était chargé à l'École supérieure de Commerce que cet Ouvrage avait été entrepris.

La considération d'Aimé Girard à cette École avait grandi au point qu'en 1868-1869, à la mort de l'excellent Gervais (de Caen), il avait été chargé de la direction par intérim.

A l'École Polytechnique également, ses fonctions s'étaient élevées, et depuis 1861 il avait été nommé répétiteur de Chimie.

En 1871, à la mort de Payen, la notoriété d'Aimé Girard, qui concourait cependant avec deux autres chimistes de grand mérite, était telle, ses travaux étaient si nombreux et répondaient si bien au titre de la chaire devenue vacante au Conservatoire des Arts et Métiers, que sa nomination parut toute naturelle.

Personne, en effet, n'était mieux que lui préparé, je ne dirai pas à continuer l'enseignement de Payen, mais à le développer et à le compléter; et l'on sait avec quel éclat il a rempli cette tâche difficile pendant un quart de siècle.

Aucun professeur, je n'hésite pas à le proclamer sans craindre d'être contredit, n'a réuni à un plus haut degré les qualités qui captivent le public. La clarté de l'exposition, l'élégance et la chaleur de la parole, la sûreté des démonstrations expérimentales, l'abondance des informations tenaient attentifs et charmés des auditeurs dont le nombre atteignait jusqu'à 600 par soirée, c'est-à-dire tout ce que le grand amphithéâtre du Conservatoire peut contenir.

Chacune de ces leçons était un triomphe pour le professeur, mais ce que le public ignorait, c'est que ces triomphes étaient acquis au prix d'un travail écrasant et d'une fatigue qui, à la longue, a altéré sa vigoureuse constitution. Nous le savions, nous qui suivions avec un attrait irrésistible, mais aussi avec une véritable anxiété, les progrès de son talent, de son éloquence persuasive, entraînante, dans laquelle il mettait trop de ses forces en même temps que de son âme.

Le moment vint où il se sentit en quelque sorte vaincu; sa voix, si retentissante dans la pleine santé, se voilait, s'enrouait, et il en souffrait, surtout en véritable artiste qu'il était et n'a jamais cessé d'être.

Les résultats de ce bel enseignement seraient longs et difficiles à énumérer; les manufacturiers les plus considérables, les propriétaires, les hauts fonctionnaires des contributions directes et indirectes y venaient s'inspirer des meilleurs procédés à suivre, les uns pour accroître et améliorer leurs produits, les autres pour s'éclairer sur des points souvent délicats de leur ministère. Les auditeurs réguliers y apprenaient leurs métiers que jusqu'alors ils avaient pratiqués souvent sans les bien comprendre. La foule en emportait cette impression que les choses les plus vulgaires en apparence méritaient qu'on les examinât plus attentivement, et y acquérait des notions précieuses sur tout ce qui sert à la vie : alimentation, boissons, hygiène, éclairage usuel, plusieurs parties du vêtement, etc.

Avant de quitter l'amphithéâtre, il convient encore de rappeler qu'au nombre des procédés de démonstration, Aimé Girard avait été l'un des premiers à recourir non pas seulement aux projections photographiques représentant des appareils, des salles d'usines ou des produits manufacturés, mais à la Photomicrographie, qu'il a perfectionnée et dont il se servait pour montrer, par des coupes minces dans le bois, dans les racines des plantes, dans les graines, etc., leur constitution physiologique, les progrès dus à la culture et les accidents de toutes sortes.

Si maintenant nous entrons dans son laboratoire, nous y trouverons les traditions persévérantes de travail de plusieurs générations de jeunes savants qui y ont pris les plus hauts grades universitaires, se sont répandus dans les écoles comme professeurs, et dans les industries que le maître leur conseillait d'aborder et où ils ont réussi.

Je suis obligé de m'arrêter, mais je ne saurais terminer sans insister encore une fois sur les services considérables et toujours désintéressés qu'Aimé Girard a rendus aux fabricants, aux producteurs. J'ai un moyen bien simple d'en fournir la preuve. Que tous ceux qui m'entendent viennent visiter la belle galerie de Chimie industrielle du Conservatoire des Arts et Métiers et qu'ils y parcourent les étiquettes placées auprès des modèles souvent d'un prix très élevé et d'une mer-

veilleuse exécution; ils y verront mentionnés les noms des donateurs. La plupart de ces dons ont été faits au sympathique professeur dont ceux-ci avaient eu si souvent à se louer.

Mes collègues n'ont certainement pas oublié l'un des derniers et des plus touchants témoignages de reconnaissance donnés à notre cher défunt.

Il y a un mois à peine qu'il nous communiquait une lettre d'un manufacturier du Conquet, M. Levasseur, lui annonçant l'intention de fonder pendant trois ans deux prix de cent francs chacun pour les auditeurs du cours de Chimie industrielle.

L'auteur de cette lettre, à qui le savant professeur avait facilité l'étude d'une question qui intéressait son industrie en lui ouvrant son laboratoire et les trésors de son expérience, déclarait, dans les termes les plus délicats, qu'il n'avait pas la prétention de s'acquitter ainsi de la dette qu'il avait contractée envers lui.

Les autres discours qui ont été ou qui vont être prononcés sur cette tombe me font un devoir de renoncer à la satisfaction que j'aurais eue à présenter un tableau plus complet des rares mérites d'Aimé Girard. Je devais me borner à mettre en relief ceux du professeur du Conservatoire des Arts et Métiers, et c'est à peine si je me crois permis d'ajouter que la conscience qu'il apportait dans l'accomplissement de tous ses devoirs était exemplaire, car c'est ce qui ressortira pleinement de tout ce que l'on entendra ici. Mais je veux cependant en donner encore cette preuve qui a une réelle importance, car elle a considérablement contribué au succès de son enseignement.

Pour atteindre le but qu'il visait, de mettre ses auditeurs les plus intéressés à même de lutter victorieusement avec nos voisins en progrès dans tant de branches d'industrie, Aimé Girard n'épargnait ni sa peine, ni sa bourse pour découvrir dans les publications des autres pays, et pour aller recueillir sur place, dans les usines françaises et étrangères, les renseignements les plus précis. C'est là, en effet, le rôle qui est assigné à notre grand établissement d'enseignement supérieur. Ce rôle est toujours difficile, et il faut souvent une énergique

volonté pour le bien remplir; mais il l'est encore davantage pour le professeur de Chimie industrielle, dont le cours embrasse tant de professions diverses, et l'on comprendra que j'aie voulu signaler ce dernier fait très significatif.

Ce que j'ai dit du caractère, du talent, du dévouement à la Science et à ses concitoyens de cet homme de bien, m'autorise, en lui adressant le suprême adieu, à déclarer, avec une profonde douleur, que notre pays vient de perdre une belle et noble intelligence au service d'un grand cœur.

Adieu, mon cher confrère, mon cher collègue, mon vieil ami!

AIMÉ GIRARD.

La mort vient de frapper inopinément, en pleine vigueur intellectuelle, le savant dont le nom demeurera attaché aux progrès considérables accomplis par l'agriculture française dans la culture et l'utilisation des produits naturels les plus importants pour l'alimentation humaine : le blé, la betterave à sucre et la pomme de terre.

Aimé Girard a succombé mardi matin 12 avril, après quelques jours d'une maladie dont personne, il y a huit jours à peine, ne soupçonnait la gravité.

Le profond chagrin que me cause la rupture d'une amitié qui remonte à quarante années, m'ôte la liberté d'esprit nécessaire pour retracer d'une manière digne d'elle une carrière si bien remplie et rappeler les travaux qui ont valu à Aimé Girard la haute estime des savants et la popularité dont il jouissait dans le monde agricole. Je manquerais cependant à mon sentiment le plus intime, si je ne venais, au nom du *Journal d'Agriculture pratique* (1), adresser un suprême adieu à celui dont la tombe ne sera pas encore fermée quand paraîtra ce dernier hommage à mon cher collaborateur.

Son œuvre agricole est d'ailleurs si connue de nos lecteurs que j'aurais peu de choses à leur apprendre, en résumant ici ses recherches magistrales sur les blés, les farines et le pain; sur la production du sucre dans la betterave, sur l'amélioration de la culture de la pomme de terre industrielle et alimentaire. Les grandes industries agricoles et particulièrement

(1) Cette Notice sur le regretté M. Aimé GIRARD a été publiée dans le n° du 14 avril 1898 du *Journal d'Agriculture pratique*, par M. L. GRANDEAU, Rédacteur en chef de ce Recueil, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.



...MÉ GIRARD.

... inopinément, ...
... le nom de ...
... accomplis par ...
... tilisation des produits ...
... mentation humaine ; ...
... de terre.
... mardi matin ... apr...
... dont personne ... hu...
... gravité.

... chose ... ...
... agricole ...

... Cette Note ...
... du ... avril ...
... Arts et Métiers ...



Héliog. Dujardin — Imp. Ch. Wittmann

AIMÉ GIRARD
Membre de l'Institut
1830-1898

la meunerie, la sucrerie et la féculerie doivent aux études techniques d'Aimé Girard une large part de leurs progrès récents. Les résultats auxquels l'ont conduit ses expériences culturales et ses recherches de laboratoire ont exercé la plus heureuse influence sur la transformation des procédés et de l'outillage de ces industries. Il a su convaincre les cultivateurs et les fabricants de la nécessité de modifier les errements d'une pratique quasi séculaire. Grâce à lui, la meunerie française a remonté peu à peu le courant de décadence qui l'entraînait.

La culture betteravière et, à sa suite, la fabrication du sucre de betteraves ont traversé en France, chacun le sait, de 1875 à 1885, une crise d'une gravité extrême. Notre industrie sucrière, qui depuis le commencement du siècle s'était toujours tenue au premier rang, s'est trouvée distancée par l'industrie allemande et même par l'industrie autrichienne. La cause de l'infériorité de la France, qui, du premier rang, était passée au troisième pour la production du sucre, tenait à ce que nos cultivateurs et nos fabricants, confiants dans leur ancienne supériorité, se contentaient des betteraves d'autrefois (à 10 pour 100 de sucre) ainsi que des vieux procédés de traitement qui permettaient d'en extraire péniblement 5 à 6 pour 100, tandis que l'Allemagne était arrivée à produire des betteraves à 15 et 16 pour 100 de richesse d'où elle extrayait, par les procédés perfectionnés, 11 à 12 pour 100 de sucre.

A. Girard a été un des défenseurs les plus ardents de l'opinion partagée à cette époque par un très petit nombre de cultivateurs et de fabricants français, à savoir que le relèvement de l'industrie sucrière ne dépendait que des améliorations des procédés culturaux et des procédés industriels, et que leur application donnerait en France les mêmes résultats qu'en Allemagne.

Par son enseignement au Conservatoire des Arts et Métiers, par ses recherches personnelles sur la betterave et sa culture, par la confiance qu'il a su inspirer à l'agriculture et à l'industrie sucrière, il a concouru plus que personne au progrès de cette branche capitale de notre agriculture, transformée à la faveur de la loi de 1884.

Il en a été de même de la culture de la pomme de terre, et tout le monde sait combien ses études classiques sur la production de ce précieux tubercule ont contribué au progrès qui s'est traduit depuis dix ans par une augmentation de près de 33 pour 100 dans les rendements, par l'accroissement du taux de fécule de la pomme de terre industrielle, et par l'introduction, sur une échelle croissante, de cet aliment dans le rationnement des animaux de la ferme.

De solides études de Chimie générale, la connaissance approfondie de toutes les branches de la technologie industrielle et agricole, avaient préparé A. Girard à l'enseignement qui a jeté tant d'éclat sur le Conservatoire des Arts et Métiers, auquel il appartenait depuis 1871, et sur l'Institut agronomique où il a le premier occupé la chaire de technologie agricole, créée en 1876. Membre des jurys de toutes les expositions universelles qui se sont succédé depuis 1852, en Europe, A. Girard a rendu à l'industrie et au commerce français les plus signalés services. Au Comité consultatif des Arts et Manufactures et à la Commission des valeurs en douane, dans le sein du Conseil supérieur de l'agriculture, la sûreté de son jugement, la netteté de ses vues, son talent d'exposition, sa compétence reconnue de tous, dans les délicates questions du ressort de ces assemblées, donnaient à ses avis une autorité devant laquelle ses collègues aimaient d'autant plus à s'incliner que l'affabilité de l'homme ne le cédait en rien à la fermeté de ses opinions sur les sujets soumis à son appréciation.

Aimé Girard est né le 22 décembre 1830 à Paris. Après de brillantes études à Louis-le-Grand, il débuta dans la carrière scientifique par les modestes fonctions de préparateur de Chimie au laboratoire de Pelouze. C'est là qu'en 1858, travaillant au laboratoire de Cl. Bernard, ami de Pelouze, je fis sa connaissance. Depuis cet heureux temps qui remonte à quarante ans, notre amitié se resserra d'année en année. Que de bonnes heures passées ensemble dans cette longue période que la mort vient de clore brutalement! Que d'échanges de vues, d'entente sur des essais de culture ou d'alimentation! de causeries charmantes sur les hommes et sur les choses.

A. Girard avait les grandes qualités qui donnent à l'homme

la véritable supériorité : la dignité du caractère, l'amour du bien, le désir d'être utile et, par-dessus tout, la bonté. Ces qualités, que leur rareté rend d'autant plus enviables, ont fait à A. Girard des amis dévoués de tous ceux qui l'ont approché. Si distingué qu'ait été le savant, c'est plus encore de l'homme que le souvenir restera gravé dans le cœur des siens, dans la mémoire de ses élèves, de ses collègues et de ses amis. Quoi qu'en puissent penser des esprits chagrins ou superficiels, la véritable aristocratie est celle de la bonté unie à l'intelligence. C'est à elle qu'appartenait Aimé Girard.

Depuis 1882, il était membre de la Société nationale d'agriculture. En 1890, il succéda à Peligot comme secrétaire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. L'Académie des Sciences l'avait appelé, en 1894, au fauteuil vacant par la mort de M. Chambrelent dans la section d'Économie rurale.

Chacune de ces associations perd en lui un des membres qui les ont le plus honorées.

L. Grandeau,
Professeur au Conservatoire national
des Arts et Métiers.

12 avril 1898.

L'ART
DANS L'INDUSTRIE DU MÉTAL.

CONFÉRENCE

FAITE AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS,

LE DIMANCHE 20 FÉVRIER 1898,

Par M. Lucien MAGNE,
Architecte du Gouvernement,
Professeur à l'École nationale des Beaux-Arts.

Mesdames, Messieurs,

Le temps dont je dispose est trop limité pour se prêter à des développements d'esthétique pure. Cependant je crois utile, au début de ces conférences, de préciser les caractères généraux de l'Art et son rôle dans toutes les sociétés humaines.

L'art, c'est la faculté pour l'homme d'embellir toute œuvre sortie de ses mains : la nature lui en a fourni les moyens en lui révélant la beauté sous toutes ses formes, et malgré l'outillage rudimentaire des premiers âges, les premières œuvres créées par l'homme pour son usage portent l'empreinte de son génie. Dès ses premiers essais, il a tenté d'exprimer, par des formes plastiques, la perfection idéale entrevue dans la nature, s'efforçant d'harmoniser la forme avec la destination de l'œuvre et d'approprier le décor aux qualités de la matière.

La formation des sociétés humaines, la prédominance dans ces sociétés d'idées religieuses, morales ou politiques, ont élevé l'homme à une conception plus haute en donnant pour but à l'art l'expression de ces idées. Ainsi se sont formées,

suivant les aptitudes particulières de chaque race, des écoles artistiques correspondant, pour une époque déterminée, à une interprétation particulière de la flore, de la faune ou de la figure humaine, qui constitue précisément le style de cette époque.

Est-ce à dire qu'il y ait lieu d'établir des distinctions entre les œuvres, suivant que les unes sont l'expression d'idées et les autres de besoins? Évidemment non. Je crois qu'on éprouverait quelque embarras si l'on voulait définir, pour les distinguer, les beaux-arts et les arts dits *industriels*. Ce sont des mots vides de sens : il n'y a pas d'art industriel, il y a l'art dans l'industrie du fer ou dans celle du plomb comme il y a l'art dans la peinture ou la sculpture. Un peintre, un architecte, un sculpteur, n'est pas nécessairement et par définition un artiste : en revanche, on peut faire œuvre d'artiste en faisant un meuble, une serrure ou un tapis, pourvu que l'œuvre, quelle qu'elle soit, éveille en nous l'idée de perfection qui suffit à déterminer son caractère artistique.

Cet essai de définition de l'art est justifié par les œuvres de toutes les époques. C'est une erreur que de considérer l'art comme le luxe d'une élite. Il est le domaine de tous, et il s'est manifesté dans les moindres objets, aux époques où le génie humain s'est affirmé par des œuvres originales, en Égypte comme en Grèce, en France comme en Italie.

Pour chacune de ces grandes époques, l'art apparaît partout dans la forme et le décor, mais il est l'expression d'idées ou de besoins qui appartiennent en propre à chaque civilisation. On ne peut donc transporter les formes artistiques d'une civilisation dans une autre sans commettre une erreur, parce que ces formes ne sont pas arbitraires et qu'elles ont leur raison d'être dans la civilisation où elles ont été créées. L'imitation des formes aboutit fatalement à une interprétation fausse des idées et des besoins actuels, c'est-à-dire à la négation de l'art.

Si la forme est infiniment variable, si elle se renouvelle constamment suivant les idées et les mœurs, ou mieux suivant les aptitudes de chaque race, tantôt interprétant, comme en Égypte et en Grèce, l'homme ou l'animal pour la création de

types divins, tantôt se pliant, comme en Arabie, à des combinaisons géométriques en dehors de toute imitation de la nature, l'art est soumis dans tous les temps et dans tous les lieux à des règles fixes qui résultent des propriétés immuables des matériaux et des moyens employés pour les mettre en œuvre. Supposez qu'à une même époque on ait à exécuter, d'après le même sujet, la décoration d'une frise en pierre ou en métal : il est aisé de comprendre que le métal pourra se prêter à la reproduction d'une branche de feuillage suivant toutes les délicatesses qu'elle comporte, que l'épaisseur des feuilles pourra être reproduite exactement. Au contraire, la pierre, par sa constitution moléculaire, exigera une interprétation décorative aussi bien pour l'épaisseur des feuilles que pour l'attache de ces feuilles sur une tige.

On conçoit que chaque industrie, ayant une technique différente, interprétera différemment le même thème décoratif et qu'une composition, pour être exécutable, devra tenir compte des procédés techniques qui interviennent nécessairement dans le choix des formes.

Le métal, coloré par lui-même, brille de son éclat propre, et ses qualités de ténacité, de dureté, de malléabilité ont été admirablement utilisées par l'homme dès les premières œuvres. Dans les civilisations les plus anciennes, en Égypte comme en Chaldée, il semble que l'homme ait connu de bonne heure les moyens d'extraire l'or, l'argent ou le cuivre de leurs gisements, de les fondre, de les amincir en feuilles par le battage, d'emboutir, suivant une forme déterminée, la feuille de métal, de la décorer par un trait gravé ou, lorsque le métal est aminci, de le repousser au marteau suivant le contour d'ornements dessinés à la surface. Sur les monuments les plus anciens de la Chaldée, sur le vase d'argent d'Enténéna comme sur la lance votive de bronze d'Isdubar, recueillis dans les explorations de M. de Sarzec, un dessin au trait, incisé dans le métal, suivant la méthode qu'employait le potier pour le décor des vases, représente l'un de ces génies ailés qu'avait enfantés la religion chaldéenne.

La fonte et le battage sont les deux procédés anciens. Voici un miroir égyptien formé de deux pièces de cuivre, l'une

fondue, l'autre battue, et assemblées par une rivure : le manche est une gracieuse figurine étendant les bras pour tenir les pétales d'une fleur de lotus. Voyez (*fig.* 1) avec quelle perfection est exécutée une coupe d'or donnée par Touthmès III

Fig. 1.



Coupe d'or égyptienne du règne de Touthmès III.

a un personnage nommé Tothi. L'or aminci a été embouti suivant la forme de la coupe; le fond a été décoré d'une guirlande de fleurs de lotus et de poissons disposés en cercle autour d'une rosace. Le tracé du contour, très apparent, a déterminé au revers de la coupe l'enveloppe de la partie à repousser; la gravure a complété le décor par l'indication des cannelures de la rosace, des écailles et des nageoires des poissons, ainsi que des nervures des pétales. Ainsi, à l'époque la plus brillante de l'empire thébain, les procédés techniques applicables au décor des métaux précieux étaient ceux que

nous employons aujourd'hui, et le thème décoratif était parfaitement choisi pour la destination de l'œuvre.

A la même époque, les peuples de la mer Égée étaient en contact avec les Égyptiens. On en a eu la preuve par la découverte simultanée, à Mycènes et à Ialisos, de scarabées au nom d'Aménophis III, et en Égypte d'objets mycéniens confondus avec des objets contemporains des Aménophis et des Ramsès. Or, les objets d'or découverts par milliers dans les tombeaux de la citadelle de Mycènes, ceux qu'on a recueillis dans la tombe à coupole de Vaphio en Laconie, et depuis quelques années dans toutes les parties du monde grec où ont été entreprises des fouilles, nous révèlent l'emploi de thèmes décoratifs différents, mais de procédés identiques.

Sur un gobelet d'or orné de spires exécutés au repoussé, on constate que l'anse, ourlée par une pliure du métal pour éviter de blesser les mains, est rivée. Un vase en forme d'aiguière, ayant le même décor, est également ourlé, sauf à l'extrémité du bec, là où s'écoule le liquide. Une coupe en forme de calice semble avoir été exécutée en deux pièces dont la jonction est masquée par le recouvrement des feuilles de métal.

L'exécution du décor par le traçage et le repoussage a été appliquée aux diadèmes des princes mycéniens et aux disques d'or qui ornaient certaines pièces de leur costume. Ici apparaissent les thèmes caractéristiques du décor égéen : d'un côté, les combinaisons linéaires curvilignes, spires, tresses, bossettes, rosaces et godrons, qui semblent être d'importation orientale; de l'autre, les fleurs et les animaux marins, principalement le poulpe qui est l'ornement mycénien le plus caractéristique. Le musée d'Athènes conserve un beau vase d'argent qui semble aussi avoir été embouti et décoré au repoussé comme les vases d'or, mais dont le col paraît avoir été fait isolément et réuni à la panse par une soudure.

Il est incontestable que les artistes mycéniens savaient pratiquer la soudure des métaux précieux. Elle est apparente sur la tête de taureau en argent (*fig.* 2) trouvée à Mycènes, dont les cornes sont d'or, ainsi que la rosace étoilant le front.

Pour les armes, on pratiquait le décor par incrustement, le

damasquinage. C'est ainsi que dans un poignard de bronze est intercalée, sur chaque face de la lame, une plaquette de cuivre que décorent des scènes de chasse obtenues par l'incrustement de l'or jaune, de l'or vert et de l'argent.

Mais ce n'est pas tout : les Mycéniens avaient le goût des Orientaux pour la couleur, et ils savaient allier les pâtes de

Fig. 2.



Tête de taureau à cornes d'or trouvée à Mycènes.

verre ou les pierres fines aux métaux par un travail de cloisonné ; il était obtenu par le découpage et le relevage des bords formant cloisons. Ainsi est exécuté un sceptre formé de fleurettes d'or dont les pétales sont des fragments de cristal, taillés et enchâssés dans les cloisons.

Ce me paraît être une nouvelle preuve de l'influence exercée par l'art égyptien sur l'art mycénien. Si l'on compare en effet les écailles du dragon terminant le sceptre à celles d'un pectoral d'or égyptien en forme de naos où sont montés à jour le vautour et l'uræus surmontés de l'épervier à tête de bélier portant un cartouche au nom de Ramsès II, on remarque que les écailles à cloisons d'or sont montées de la même manière dans le bijou mycénien et dans le bijou égyptien.

Un autre pectoral d'or de même provenance (*fig.* 3) est d'un travail plus parfait encore. Les ailes de l'épervier sont ocellées, et l'artiste a enchâssé dans les cloisons d'or soudées sur un fond ou assujetties sur ce fond par des tenons rivés les verres colorés bleu et rouge découpés suivant la forme de la

Fig. 3.



Pectoral égyptien en or cloisonné et pâtes de verres colorés.

plume et juxtaposés. On peut aisément se rendre compte du procédé en examinant un bracelet d'or dont le décor est obtenu par découpage de la feuille d'or suivant le contour de palmettes, de bouquets de lotus et de fauves intercalés. Sur la feuille d'or sont montées en relief et soudées ou rivées les cloisons qui doivent enchâsser les verres colorés. La disparition des morceaux de verre, qui étaient colorés en blanc, en bleu, clair et foncé, et en rouge, permet de distinguer très nettement les cloisons.

Les Phéniciens et après eux les Grecs d'Asie Mineure ont

fabriqué des bijoux plus délicats encore à l'aide de chaînettes en filigrane dont l'usage en Troade devait être fort ancien, si l'on en juge par le diadème d'or trouvé par Schliemann dans les fouilles d'Hissarlik. Une boucle d'or provenant d'Aïdin et conservée au Louvre est décorée de pièces d'applique, rosace, lion, ou têtes de griffons, et ornée de pendeloques suspendues à des chaînettes. La tresse en grenetis qui en forme le cadre est repoussée dans la feuille d'or.

La perfection de l'exécution qui caractérise l'art grec au ve siècle n'a rien changé aux procédés du travail des métaux précieux que les Byzantins, après les avoir reçus des Grecs, ont transmis aux peuples d'Occident.

Le bronze, c'est-à-dire l'alliage du cuivre et de l'étain, a été connu dès la plus haute antiquité. Des objets de bronze ont été recueillis en Chaldée comme en Égypte, mais il semble que l'art grec, soit en Ionie, soit en Hellade, ait perfectionné la fonte du bronze lorsque l'art, inspiré par la poésie, essaya de donner aux dieux et aux personnages héroïques de la Grèce la beauté plastique, affranchissant l'art grec des traditions étrangères.

Parmi les bronzes recueillis dans les fouilles à Olympie, à Delphes ou à l'Acropole d'Athènes, on constate que dès le commencement du vi^e^ siècle chaque divinité avait ses attributs, et que l'artiste la représentait de préférence dans l'attitude que la poésie avait consacrée. La plaquette de bronze à double face, formée par l'ajustement de deux plaques représentant Athéna portant l'égide, est l'un des monuments les plus délicats de l'art attique primitif. Il nous laisse deviner sur les écailles et aussi sur la coiffure des retouches de gravure qui ajoutent aux finesses de la fonte.

On peut faire la même observation sur une tête de griffon du plus beau style (*fig.* 4) trouvée à Olympie et dont les yeux sont rapportés en substance vitreuse de ton jaune.

Il semble que ce soit là encore un emprunt fait à l'art égyptien. On sait que les statues de l'époque memphite semblent animées par les yeux dont l'orbite est formé d'une capsule de bronze enchâssant un globe d'émail ou de cristal.

Les mêmes délicatesses d'exécution sont visibles sur une

figurine de bronze trouvée à Corfou et conservée au musée d'Athènes. C'était sans doute un de ces ex-voto qu'on a retrouvés en grand nombre dans les fouilles des anciens sanctuaires.

Lors même que les progrès de la statuaire réalisent la per-

Fig. 4.



Griffon de bronze trouvé à Olympie.

fection de la forme humaine, le sentiment décoratif de l'art grec s'accuse aussi bien dans la tête de style archaïque trouvée à Olympie que dans l'admirable tête de jeune homme découverte dans les fouilles de l'Acropole et qui caractérise la plus belle époque de l'art grec. La patine du bronze y est enrichie par les traces d'or et de mixtion. La plaquette votive d'Athéna était aussi dorée.

Les bronzes romains sont au point de vue du style très inférieurs aux bronzes grecs. A l'époque même de la toute-puissance impériale, les œuvres que les fouilles de Pompeï

nous ont restituées accusent généralement une richesse de mauvais goût, des formes mal appropriées au décor d'objets usuels. J'en prendrai pour preuve l'ornementation des poids mobiles glissant sur les leviers des balances dites *romaines* et qui ont été recueillies au musée de Naples. Voici cependant au même musée un trépied de forme élégante portant un bassin de bronze, mais qui me paraît appartenir plutôt à l'art grec qu'à l'art romain.

C'est dans l'art grec renouvelé par le christianisme, dans l'art byzantin, que se maintinrent les bonnes traditions du travail des métaux; l'art romain était au contraire en pleine décadence à l'époque où les barbares se partageaient l'empire. Ces barbares étaient d'ailleurs beaucoup plus habiles que les Romains dégénérés dans le travail des métaux. Les bijoux d'or trouvés dans les tombes franques semblent renouer avec les bijoux mycéniens une tradition interrompue. Sur les agrafes, sur les broches, sur les boucles d'oreilles, on reconnaît ici le travail du repoussé, là le découpage du métal dont les bords relevés formant cloison enchâssent des pierres fines montées à jour. Les thèmes décoratifs ont quelque analogie avec ceux des bijoux mycéniens : tantôt l'artiste imite une mouche, piquant des pierres fines dans les ailes; tantôt il trace sur le métal des ornements curvilignes ou des méandres, et si l'on songe que des bijoux analogues ont été recueillis en grand nombre jusqu'en Danemark, on est tenté d'expliquer la persistance de certaines formes dans les arts occidentaux par une communauté d'origine plus encore que par une similitude d'expressions plastiques accusant chez des peuples différents un même état de civilisation.

D'ailleurs les ressemblances entre les bijoux mérovingiens (*fig.* 5) et les bijoux mycéniens sont restreintes à quelques pièces d'orfèvrerie. Les Francs ont, les premiers, utilisé le fer damasquiné d'argent concurremment avec le bronze pour des œuvres décoratives telles que les grandes plaques de ceinture où les ornements sont encore les bossettes, les tresses et les méandres, mais appliqués à des formes originales, suivant des contours déterminés par la destination de chaque objet.

Le fer n'avait eu chez les peuples de l'antiquité et même

chez les Grecs que des applications restreintes. Les difficultés de la forge pour des pièces de grande dimension à l'époque où l'outillage était médiocre, expliquent l'état d'infériorité où resta longtemps l'industrie du fer. Cependant les propriétés du métal, sa ténacité, son élasticité étaient bien connues des

Fig. 5.



Plaques mérovingiennes de bronze ou de fer damasquinées d'argent (fouilles de Caranda).

Athéniens et elles furent mises à profit pour la liaison des assises de marbre dans les monuments de l'Acropole; chacun d'eux constituait grâce aux agrafes et aux tenons de fer un ensemble indéformable, mais doué d'une élasticité relative et capable de résister aux secousses des tremblements de terre. Le fer scellé au plomb fut employé pour le chaînage des assises par les architectes de l'Attique, à l'exclusion de tout autre métal. Cependant l'emploi du fer suivant des formes décoratives n'est guère antérieur au XI[e] siècle de notre ère.

Les Byzantins, héritiers des Grecs et passés maîtres dans le travail des métaux précieux, avaient appliqué au cuivre les

procédés du repoussage, imaginant pour le revêtement en métal des portes de bois une combinaison ingénieuse qui préservait la porte sans trop l'alourdir et qui se prêtait à un effet décoratif tiré de la construction même. La surface à revêtir était divisée en panneaux formés de plaques de cuivre ornées de scènes légendaires exécutées au repoussé : ces panneaux,

Fig. 6.



Porte à San Zenone de Vérone.

cloués sur la porte, étaient assemblés par des couvre-joints saillants dont un motif d'ornement, rosace ou mascaron, masquait la rencontre. Les portes exécutées suivant cette méthode sont encore nombreuses en Italie et en Sicile. Celles de l'église San Zenone à Vérone (*fig.* 6), dont quelques couvre-joints ont disparu, rendent parfaitement compte du mode de montage; la feuille de métal a été, sur quelques panneaux, découpée à jour avant d'être repoussée; les couvre-joints sont aussi découpés suivant des dessins variés avant d'être godronnés; partout les attaches sont apparentes et le système de construction est accusé par le décor.

Il est curieux de constater à Florence, sur la porte de bronze d'Andrea Pisano (*fig.* 7) fondue d'une seule pièce, le maintien d'une division en petits panneaux que le procédé employé ne justifiait plus. Assurément, si l'on compare l'une des figures d'Andrea Pisano à celles de la porte de Vérone, on est émerveillé des progrès accomplis du XIIe au XIVe siècle dans

Fig. 7.



Baptistère de Florence : porte d'Andrea Pisano.

l'interprétation plastique des formes humaines, dans le tracé même des cadres quadrilobés que l'art florentin empruntait à l'art français du XIIIe siècle, à l'époque où Florence était sous le protectorat des rois français de Naples. Mais, au point de vue de la composition décorative, la première porte du Baptistère de Florence, dont Ghiberti conservait encore la disposition au début du XVe siècle, est moins rationnelle que celle de Vérone.

C'est seulement pour la troisième porte du Baptistère que Ghiberti abandonne les divisions en petits panneaux pour des cadres de plus grande dimension se prêtant au développement de véritables scènes, soumises cependant à certaines conven-

tions décoratives. Ces conventions sont très apparentes au xve siècle dans la peinture murale comme dans le bas-relief, sur les fresques de Benozzo Gozzoli au palais Ricardi comme sur les tableaux de bronze de Ghiberti au Baptistère de Florence. Elles consistent pour la Suite des Rois mages, comme pour la Prise de Jéricho, à occuper complètement par la scène la surface à décorer, en évitant autant que possible les lignes fuyantes de la perspective linéaire.

Dès la fin du xve siècle le procédé de la fonte semble avoir remplacé celui du repoussé, et c'est le ciseleur qui donne à l'œuvre la dernière main. Ainsi semblent avoir été exécutées les belles compositions de Donatello à l'église Saint-Antoine de Padoue, symbolisant les attributs des quatre Évangélistes. La ciselure complète le dessin des plumes, le décor géométrique du fond du panneau, l'ornement de l'étole; elle ajoute à la délicatesse des draperies.

Les Italiens semblent avoir employé de préférence pour la fonte des statues le procédé dit à cire perdue; il consistait, en Italie, à couler une légère couche de cire dans le creux du moule, à faire le noyau dans le moule ainsi préparé et à éliminer au feu la couche de cire interposée, dont le métal fondu prenait la place. Le fondeur évitait ainsi les retouches, ou tout au moins les limitait au recoupement des jets de fonte. Ce procédé exigeait toutefois des précautions infinies pour éviter le déplacement du noyau et les défauts qui pouvaient en résulter. C'est sans doute pour ce motif qu'on lui a substitué plus tard la fonte par pièces, dont les sections dans le modèle doivent être étudiées en vue de faciliter le montage. Il est probable que les grandes statues équestres, le Gattamelata de Donatello et le Colleone de Verocchio, ont été fondues à cire perdue.

L'art du bronze était parvenu chez les Florentins à une perfection dont témoigne la décoration des chambranles au Baptistère de Florence. Le métal, par sa ténuité, s'est prêté aux finesses d'une exécution très réaliste, et le décor acquiert une légèreté qu'il doit surtout aux qualités de la matière.

En France, l'orfèvrerie religieuse avait suivi les traditions byzantines, enrichissant le métal repoussé, d'abord par la beauté des pierres enchâssées, puis par la couleur des émaux

qu'on avait imaginé de rendre assez fusibles pour les couler dans les cloisons d'or, et dont on avait obtenu la translucidité. Ainsi, l'émail coloré participait de l'éclat métallique. La galerie d'Apollon au Louvre conserve un magnifique spécimen de ce genre de travail : c'est une boîte d'évangéliaire du XIe siècle provenant du trésor de Saint-Denis.

Sur un évangéliaire contemporain conservé au musée de Cluny, la décoration de la reliure est obtenue par un cadre d'argent doré sur lequel s'enlèvent en relief des pierres fines enchâssées dans une monture saillante : entre les cabochons courent des rinceaux en filigrane doré du travail le plus délicat ; dans le cadre de métal est un bas-relief d'ivoire.

Le relief des cloisons était indispensable lorsqu'elles enchâssaient des fragments de pâte vitreuse taillés comme des pierres fines, mais lorsque l'on eut découvert des émaux assez fusibles pour être coulés, l'épaisseur de l'émail pouvait être réduite ; de là un nouveau procédé consistant à enlever au métal par la gravure une partie de son épaisseur, dans les champs où devait être coulé l'émail, et à réserver les filets formant cloisons. Les émaux, dont la place était ainsi obtenue par une taille d'épargne, sont dits *champlevés*.

C'est d'abord au XIIe siècle, dans le Limousin, puis au XIIIe dans la région voisine de Paris, que se formèrent les ateliers, et leurs œuvres ont été répandues partout au moyen âge ; un reliquaire limousin conservé dans la collection Carraud à Florence nous montre les procédés de la gravure alternant avec ceux des émaux champlevés. Il existe encore dans le chœur de Saint-Denis une tombe en cuivre repoussé dont la décoration est analogue, mais beaucoup plus soignée. Elle recouvrait la sépulture d'un fils de saint Louis.

L'émail décore les crosses épiscopales (voir *fig.* 8). Elles étaient fondues le plus souvent en deux parties dont les attaches formaient des motifs d'ornement. On ne saurait trop admirer la composition décorative de ces magnifiques pièces dont la forme simple, enrichie seulement par la gravure ou l'émail champlevé, n'admet les reliefs que dans la partie supérieure de la crosse, là où se développe un motif de couronnement hors de la portée de la main.

Pendant tout le cours du moyen âge, le procédé du repoussé se maintient dans l'orfèvrerie religieuse. Ainsi sont exécutés, sur une croix processionnelle, œuvre du XIVe siècle, le Christ et les attributs des Évangélistes. La ciselure et l'émail

Fig. 8.



Crosses de cuivre à émaux champlevés (Musée de Cluny).

complètent le décor des branches de la croix, enrichie sur son contour par des perles en cristal de roche.

L'orfèvrerie allemande a produit au XIIe siècle, dans l'école rhénane, de belles pièces suivant les procédés techniques et les thèmes décoratifs de l'art byzantin. L'art français du moyen âge n'a exercé son influence en Allemagne qu'à partir du XIVe siècle, à l'époque où notre architecture se compliquait d'arcatures, de colonnettes, de gables ajourés et de pinacles. L'orfèvre tend alors à composer son œuvre comme un petit édicule reproduisant sans raison des motifs d'architecture lapidaire. Ainsi s'accusait aux dépens du goût la virtuosité du praticien. Une monstrance de Cluny est un exemple des erreurs

que l'on commet lorsqu'on assujettit une matière à des formes créées pour une autre matière.

C'est le défaut de la porte de Sidi-bou-Medine, ouvrage arabe du XIVe siècle, reproduisant en métal des combinaisons de marqueterie.

C'est encore le défaut de la charmante lanterne du palais Strozzi, reproduisant un campanile hexagonal ajouré, avec ses colonnes, sa balustrade, ses arcatures et son entablement.

Le fer forgé, plus difficile à travailler, se prêtait moins que le bronze aux complications de formes où semblaient se complaire les artistes du XVe siècle. Dans les œuvres les plus anciennes, par exemple dans la grille qui ferme le cloître à la cathédrale du Puy, le décor est obtenu par la répétition de motifs semblables formés de bandelettes enroulées, soudées à plat et reliées entre elles et avec les barreaux de la grille par des colliers. C'est surtout dans l'exécution des pentures qu'excellaient nos maîtres ferronniers, au temps où s'élevaient nos grandes cathédrales.

L'art français, plus épris de sincérité que l'art italien, avait préféré au revêtement de bronze des portes de bois les pentures qui laissaient le bois apparent et utilisaient comme un motif de décoration les pièces de fer servant à l'assemblage et à la suspension des vantaux. Les pentures de Notre-Dame (*fig.* 9), formées de tiges qui donnent naissance aux rinceaux les plus délicats, demeurent le type le plus parfait de cette ferronnerie française qui sut allier les procédés de l'estampage à ceux de la forge et de la soudure. Les tiges portant les feuilles estampées sont soudées l'une après l'autre en ménageant les longueurs nécessaires à l'attache des feuilles sans risquer de les brûler en les soudant. Parfois l'ornement soudé à l'envers est retourné après la soudure, si bien qu'on a peine à s'expliquer les moyens d'exécution, cependant fort simples. C'est l'habile serrurier Boulenger qui a restauré ou reconstitué, il y a un demi-siècle, ces magnifiques pentures.

L'estampage en matrice du fer facilitait l'exécution d'ornements empruntés à la flore et à la faune, mais ce procédé admettait toutes les formes, et on en abusa au XVe siècle pour le décor des plaques d'entrée de serrures à l'aide de motifs em-

pruntés à l'architecture. Tous les musées, toutes les collections particulières en possèdent d'intéressants spécimens.

Dès le xve siècle, le fer aminci est repoussé au marteau, et le métal ainsi travaillé prend, sous la main d'un ouvrier habile, des formes souples qu'on ne peut obtenir ni par la forge ni

Fig. 9.



Pentures de Notre-Dame, portail de la Vierge.

par l'estampage. C'est ainsi qu'on a pu réaliser des œuvres exquises telles que les chandeliers provenant du château d'Écouen et conservés au Louvre.

On ne trouve guère hors de France, au xvie siècle, d'œuvre où le fer ait été mis en œuvre suivant les formes logiques qui semblent convenir au travail du métal. En Espagne, les grilles qui forment à Grenade la clôture de la Capilla real où sont les sarcophages, ici de Ferdinand et d'Isabelle, là de Philippe et de Jeanne la Folle, forment en réalité une ordonnance architectonique à trois étages, dont les parties pleines, pilastres et entablements, limitent des panneaux que remplissent des

barreaux ornés. Au centre sont des cartouches ajourés aux armes des défunts. Il semble que les rinceaux des frises aient été exécutés au repoussé.

C'est d'ailleurs par ce procédé qu'on obtenait au temps de Henri II les délicats ornements des plaques d'entrée de serrures ou des verrous. En l'appliquant à des pièces de grande

Fig. 10.



Détail d'un panneau de la grille du château de Maisons.

dimension, on pouvait considérer le décor d'un ouvrage de ferronnerie comme indépendant de sa structure. Ainsi, dans les grilles du château de Maisons qui ferment aujourd'hui, l'une, la galerie d'Apollon, l'autre, la salle des bronzes antiques au Louvre, le tympan formé de rinceaux et d'enfants soutenant une couronne est une pièce de rapport montée dans un cadre. Les ornements en forme de treillis et de cercles enlacés assujettissaient le fer à des difficultés d'assemblage et de soudure qui ne conviennent guère au métal. D'ailleurs les têtes saillantes et les rosaces des cadres sont en fonte de fer. Or la

fonte de fer qui arrondit les contours pour faciliter la dépouille, c'est-à-dire la sortie du moule, est rebelle au travail du ciseau et fait tache dans une œuvre de fer forgé.

Ce qui est tout à fait remarquable dans les grilles du château de Maisons, c'est l'exécution du caducée (*fig.* 10) qu'enlacent des serpents et auquel sont attachés des branches de chêne et des épis de blé.

L'organisation ancienne des corps de métiers conservait les traditions de bonne exécution dans l'industrie française, et

Fig. 11.



Grilles de la place Stanislas à Nancy.

c'est ainsi qu'on peut expliquer la renaissance, dès le début de la Régence, de méthodes qui, pour l'industrie du fer, avaient été délaissées sous le règne de Louis XIV. Lorsque l'art pompeux du XVIIe siècle passa de mode, on revint à des compositions décoratives plus souples et mieux appropriées à l'emploi du fer. Sans doute, le célèbre serrurier Lamour, chargé de composer et d'exécuter les grilles qui ferment la place Stanislas à Nancy (*fig.* 11), conserva comme élément de sa composition une ordonnance de pilastres et d'arcades, mais

il les appropria à l'emploi du métal en les constituant à l'aide de barreaux encadrant des remplissages aux formes souples enrichies de feuilles et de coquilles repoussées au marteau. On ne cherchait pas alors à compliquer le travail : les rinceaux ne sont pas exécutés d'une seule pièce, mais de deux feuilles repoussées à part et juxtaposées. Le couronnement de ces grilles est d'une exquise fantaisie, comme aussi la console en rocaille terminée par un coq qui supporte une élégante lanterne hexagonale.

Vers la fin du XVIIIe siècle, la renaissance des formes prétendues classiques tendait à faire dévier l'art de la ferronnerie en donnant au fer, pour répondre à des exigences de forme, des dimensions inutilement exagérées. C'est le reproche qu'on pourrait adresser à la grande grille du Palais de Justice ou aux grilles du chœur de Saint-Germain l'Auxerrois.

L'art du bronze progressait au contraire. Depuis qu'on avait imaginé d'enrichir les meubles par des ornements d'applique en bronze, des écoles de ciseleurs s'étaient formées, et ce sont elles qui fournirent sous le premier Empire les ouvriers habiles qui ornaient les meubles dessinés par des architectes tels que Percier. Il suffit de citer, comme un type de l'art du bronze au temps de Louis XVI, la charmante lanterne de l'escalier au Petit Trianon.

Dans presque toutes les industries, les procédés délicats mais coûteux du repoussé, de l'estampage et de la soudure avaient été remplacés au XVIIe siècle par le procédé plus expéditif de la fonte. Cette substitution eut lieu pour le plomb comme elle avait eu lieu pour le fer et pour le cuivre.

L'industrie du plomb s'était développée en France au moyen âge lorsque, dans le nord et le centre, l'Architecture adopta un système de charpentes très inclinées, en vue d'éviter l'adhérence de la neige aux toitures et de faciliter l'écoulement des eaux.

Dans l'antiquité, en Grèce comme en Italie, les charpentes étaient couvertes en terre cuite et exceptionnellement en marbre. L'ardoise, employée en France, ne se prêtait pas comme la terre cuite à l'exécution de pièces moulées, faîtières, arêtiers ou chéneaux, assurant l'étanchéité d'une cou-

verture. Il fallait donc recourir au métal, et à un métal assez malléable pour s'adapter à l'inclinaison variable des charpentes. On recouvrit de plomb les faîtages et les poinçons, puis on adapta à ces éléments nécessaires de la construction un décor en harmonie avec les qualités du métal.

Le plomb, assoupli par le travail du maillet, s'est prêté aux plus gracieuses combinaisons de crêtes ajourées, de poinçons aux feuilles largement modelées se découpant sur le ciel. Un ancien poinçon de l'hôtel Jacques Cœur, à Bourges, permet d'apprécier les procédés techniques qui furent appliqués du XIIIe au XVIIe siècle. Le plomb était souvent rehaussé d'or.

La construction de flèches en charpente revêtues de plomb contribua beaucoup au développement d'une industrie où l'habileté de l'ouvrier avait la plus grande part, puisqu'il suffisait pour tout outillage d'un maillet et d'un mandrin.

Le plomb fut aussi employé sous Louis XIV lorsqu'on entreprit de décorer par des groupes de figures ou par des vases les immenses bassins qui ornaient les parcs des résidences royales. Mais dans les célèbres groupes de Versailles, qui tous sont fondus, c'est au sculpteur que revient le mérite de l'œuvre. La fonte reproduit, en effet, toutes les finesses du modèle et ne laisse rien à l'interprétation de l'ouvrier.

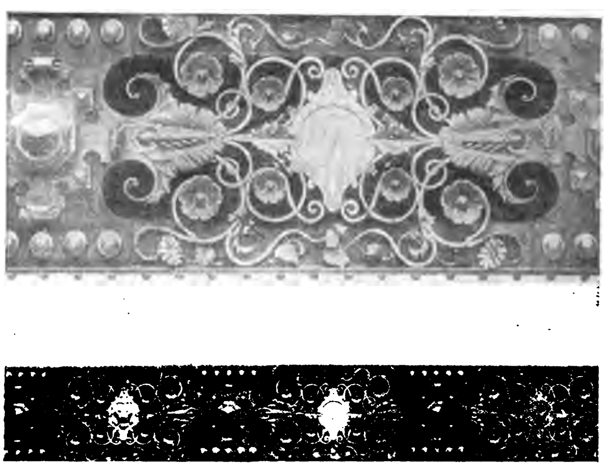
Je crois qu'il faut attribuer une part dans la décadence des industries des métaux aux changements des procédés qui tendaient à réduire l'initiative de l'ouvrier artiste en supprimant le travail manuel, c'est-à-dire ce qui donnait à l'œuvre son caractère de personnalité. Il est à remarquer que, parmi toutes les industries qui déclinèrent après la Révolution, celle du bronze se défendit encore par la ciselure, qui exigeait l'habileté de la main.

La suppression des corporations avait été la suppression de l'apprentissage. La maîtrise exigeait des preuves de capacité que ne peuvent donner les épreuves d'un enseignement théorique reçu dans une école. Suivant un vieux proverbe, c'est en forgeant qu'on devient forgeron, et c'est en s'essayant à la pratique de leur art que les ouvriers deviennent capables d'interpréter une idée suivant une forme appropriée à la matière. L'erreur commise par la Convention a pesé pendant un demi-

siècle sur l'enseignement des arts. Notre industrie en souffre encore. On avait supprimé l'enseignement technique sans rien mettre à sa place. Cette faute n'avait point échappé aux artistes qui, vers le milieu du XIXe siècle, tentèrent de ramener l'Architecture française, par l'analyse des monuments anciens, à une conception nette des méthodes de construction rationnelle dont s'écartait de plus en plus l'enseignement abstrait de l'École des Beaux-Arts.

De cette époque date vraiment la renaissance de l'art dans l'industrie du métal. Il fallait d'abord renouveler les procédés techniques tombés en désuétude, et les plus audacieux nova-

Fig. 12.



Poutre en fer orné, boulevard Magenta.

teurs n'osèrent pas s'affranchir des formes anciennes qui leur servaient à prouver qu'aux plus belles époques le décor s'harmonisait avec les propriétés de chaque métal. Ainsi s'expliquent et se justifient les formes décoratives données par Viollet-le-Duc, soit à la flèche et aux crêtes en plomb de Notre-Dame, soit aux œuvres d'orfèvrerie religieuse qu'il a composées pour la cathédrale.

L'emploi tout nouveau du fer, ses applications à la construc-

tion des ponts, des planchers et des combles, ouvraient à l'art moderne une voie toute nouvelle. Les progrès de la métallurgie ont été si rapides que l'art a grand peine à les suivre. Cependant, malgré les tâtonnements d'une période de transition, on ne peut nier les résultats acquis depuis quarante ans, et dont des œuvres telles que la grande salle de la Bibliothèque nationale ou les Halles demeurent les témoins.

Les progrès sont plus apparents encore dans l'architecture privée. Dès 1869, M. Paul Sédille décorait très habilement à

Fig. 13.



Balcon en fer de la même maison.

l'aide d'ornements en fer forgé et estampé les poutres de tôle d'une maison construite boulevard Magenta (*fig.* 12). On y reconnaît le parti décoratif qu'on pourrait tirer du découpage des tôles minces en les combinant avec des fers enroulés ou repoussés. Le balcon en fer de cette maison (*fig.* 13), composé avec toute la verve de la jeunesse, atteste aussi les progrès de la ferronnerie à la fin du second Empire.

M. Sédille est un de ceux qui, par leurs œuvres, ont contribué à ces progrès. Les grilles exécutées sur ses dessins pour un hôtel de la rue de Lisbonne sont, comme les balcons d'une maison qu'il a construite boulevard Malesherbes, des œuvres de goût, où le fer est mis en œuvre dans les dimensions qui lui conviennent.

Quelques architectes ont compris que la ténacité du fer autorise la sveltesse des supports et la délicatesse des attaches,

Fig. 14.



Grilles doubles d'un hôtel, avenue de Villiers.

que les assemblages de barreaux à trous renflés sont mieux appropriés au métal que les assemblages à mi-fer qui l'affaiblissent. Ils ont reconnu que la finesse des barres qui dessinent la composition est compatible avec l'exécution large des feuilles découpées et repoussées, et qu'une fois encore la nature est le meilleur maître lorsqu'il s'agit de composition décorative.

Parmi les œuvres de ferronnerie récemment exécutées à Paris, je puis citer les balcons d'un charmant hôtel construit par M. Mewes au Cours-la-Reine, ou ceux de l'hôtel de Beaufort, rue Saint-Dominique. On a, paraît-il, reproché aux bal-

cons de M. Mewes leur excessive finesse. J'y vois une qualité plutôt qu'un défaut.

Les études de ferronnerie ou de quincaillerie sont passionnantes, parce qu'elles aboutissent toujours à des solutions originales si l'on tient compte des conditions particulières qui exigent ici l'ouverture d'un guichet dans une grille, là les dimensions assignées aux montants ou traverses de portes ou de

Fig. 15.



Poignée de porte à l'hôtel du comte de Beauffort.

croisées limitant l'emplacement d'une serrure, d'une espagnolette ou d'un verrou. S'agit-il d'établir à l'entrée de la cour d'un hôtel, avenue de Villiers, des grilles doubles (*fig.* 14) pour l'entrée et la sortie des voitures? L'arrangement des arcs-boutants, du battement des vantaux, du guichet, des serrures, sont autant d'éléments de construction qui peuvent être interprétés dans une forme décorative. Une simple poignée de tirage peut fournir des motifs de décoration très variés, suivant qu'elle s'appliquera sur les barreaux d'une grille ou qu'elle sera fixée sur la traverse d'une porte de bois. En voici deux exemples

tirés l'un des grilles d'un hôtel avenue de Villiers, l'autre (*fig.* 15) de la porte d'un hôtel de la rue Saint-Dominique.

A une époque où nous mettons à profit, pour les commodités de la vie, les découvertes scientifiques, il faut bien approprier les formes aux exigences de la science. Par exemple, la lumière électrique, obtenue par l'incandescence

Fig. 16.



Appareil d'éclairage, rue Fortuny.

d'un charbon dans le vide pendant le passage d'un courant, n'a aucun rapport avec la lumière d'une bougie, d'une lampe, ou d'un bec de gaz dont la flamme est à l'air libre et qu'il faut isoler des plafonds ou des boiseries. En raison de son éclat, la lumière électrique pourra être placée très haut et dissimulée dans une enveloppe de cristal tamisant la lumière. Voici (*fig.* 16) un appareil d'éclairage électrique exécuté en fer forgé sur les dessins de M. Vaudremer, pour un hôtel de la rue Fortuny. Les supports sont garnis de fleurs aux jours de

réception, et c'est au milieu de ces fleurs que se dissimulent les ampoules des lampes électriques.

Il faut s'attacher à la création de types nouveaux pour satisfaire à de nouveaux programmes, sans se préoccuper de documents anciens dont l'abondance gêne l'artiste, l'obligeant trop souvent à composer une œuvre d'après ses souvenirs, tandis qu'il devrait tirer sa composition du sujet lui-même.

N'avons-nous pas dans la nature des ressources inépuisables si nous savons les voir et en profiter. Dès qu'un artiste cherche, comme l'a fait M. Lalique pour ses derniers bijoux, à interpréter suivant une forme décorative l'iris ou l'anémone, mariant adroitement l'émail et l'or, tirant parti du dessin des feuilles et des fleurs pour les adapter aux contours d'une boucle de métal, il donne à ses œuvres un caractère original et personnel, et il a le mérite d'être de son temps.

Les œuvres anciennes nous ont permis de définir les caractères généraux de l'art dans l'industrie du métal. Nous avons constaté qu'à chaque époque, quel que soit le style, l'œuvre n'est belle que si la composition et la forme s'harmonisent avec les qualités de la matière. C'est une loi générale que nous vérifierons pour toutes les industries : elle est d'autant plus importante que par ce temps de concurrence à outrance et de production à bon marché, c'est l'art qui doit être pour notre pays, aujourd'hui comme jadis, un titre de gloire et une source de richesse.

RECHERCHES

SUR LES INSTRUMENTS, LES MÉTHODES ET LE DESSIN TOPOGRAPHIQUES,

Par le Colonel A. LAUSSEDAT.

CHAPITRE I (*Suite*).

APERÇU HISTORIQUE SUR LES INSTRUMENTS ET LES MÉTHODES.

XXXV. — *Renseignements sur l'emploi qui a été ou pourrait être fait des méthodes et des instruments décrits dans les paragraphes précédents.*

Les levers les plus importants et les plus considérables entrepris ou à entreprendre dans les pays civilisés sont ceux qui se rapportent au cadastre, aux projets de travaux publics, d'exploitation industrielle, agricole ou forestière, enfin à la construction des cartes topographiques aux échelles de $\frac{1}{10\,000}$, de $\frac{1}{20\,000}$ ou de $\frac{1}{25\,000}$ ou à celles de $\frac{1}{50\,000}$ ou de $\frac{1}{100\,000}$, auxquelles on s'arrête généralement, ces dernières étant même souvent déduites de minutes exécutées à l'une des échelles précédentes.

A. Cadastre. — Pour le cadastre, on ne s'est occupé, habi-

tuellement, que de la planimétrie ([1]). Alors, c'est-à-dire quand on renonce au nivellement, la méthode des alignements est non seulement la plus simple et, pensons-nous, la plus expéditive, peut-être aussi la plus sûre dans les pays très morcelés. Mais dans les pays accidentés où la propriété est moins divisée et quand on veut aussi exécuter le nivellement, les autres méthodes s'imposent, en quelque sorte, par la facilité avec laquelle elles permettent d'obtenir à la fois les directions, les distances et les cotes des différents points à relever.

Les renseignements suivants, que nous devons pour la plupart à l'obligeance de M. l'ingénieur en chef des Mines Ch. Lallemand, directeur du service du *Nivellement général de la France,* qui les a recueillis sur place, donneront une idée des différentes manières de voir qui ont présidé de notre temps au choix des méthodes et des instruments dans plusieurs des pays où l'on a repris ou continué les opérations du cadastre.

« 1° ALSACE-LORRAINE. — Échelles de $\frac{1}{500}$ pour les lieux habités; $\frac{1}{2000}$ pour les bois; $\frac{1}{1000}$ pour le reste. Plans d'assemblage à $\frac{1}{10000}$.

» La planchette, la boussole et le tachéomètre sont interdits.

» La méthode employée est celle des alignements s'appuyant sur des cheminements polygonaux, reliés à leur tour à une triangulation assez serrée.

» Les longueurs sont mesurées avec des règles en bois de 5^m et les angles au théodolite.

» *Les plans sont reproduits par la lithographie et mis en vente. Il n'y a pas de nivellement sur les plans cadastraux.*

» Les conditions sont à peu près les mêmes dans le GRAND-DUCHÉ DE HESSE et dans le GRAND-DUCHÉ DE BADE, avec cette différence que, dans le dernier, *les croquis mêmes des géo-*

([1]) On verra cependant un peu plus loin qu'il y a déjà quelques exemples de plans cadastraux sur lesquels les courbes de niveau ont été levées régulièrement avec l'exactitude que comportent les échelles de $\frac{1}{2500}$ et de $\frac{1}{4000}$ adoptées, la première pour le Wurtemberg et la seconde pour les nouveaux plans de la Suisse.

mètres-arpenteurs sont reproduits photographiquement et livrés au public.

» 2° WURTEMBERG. — Cadastre exécuté de 1818 à 1840.

» Réseau trigonométrique de quatrième ordre, déterminé graphiquement à la planchette et s'appuyant sur des réseaux du premier, du deuxième et du troisième ordre, établis par les moyens ordinaires.

» Emploi combiné de la planchette, de l'équerre d'arpenteur et des règles pour l'exécution du parcellaire par la méthode dite *des parallèles.*

» Échelle des plans $\frac{1}{2500}$, exceptionnellement $\frac{1}{500}$ et $\frac{1}{1250}$.

» *Plans reproduits lithographiquement.*

» *Le relief du sol est figuré par des courbes de niveau.*

» 3° BAVIÈRE. — Levers exécutés en principe à la planchette (1810-1863), d'après la méthode wurtembergeoise; distances mesurées à la stadia pour le détail.

» Échelle du parcellaire : généralement $\frac{1}{5000}$; exceptionnellement $\frac{1}{2500}$ pour le PALATINAT et la FRANCONIE INFÉRIEURE, et même $\frac{1}{1000}$ pour les villes.

» *Plans reproduits par la lithogravure ou par la zincogravure.*

» 4° ITALIE. — Levers exécutés le plus généralement suivant la méthode d'Alsace-Lorraine (alignements appuyés sur des cheminements). Les règles de 5^m sont souvent remplacées par des tiges en bambou de 3^m de longueur.

» Le tachéomètre (*cleps* de la maison Salmoiraghi, de Milan, ou tachéomètre de la maison Troughton et Simms, de Londres) n'est employé d'une manière un peu suivie que dans le compartiment de Bologne. Les avis sont d'ailleurs très partagés quant à ses avantages.

» Échelle du plan parcellaire, $\frac{1}{2000}$; exceptionnellement $\frac{1}{1000}$ pour les lieux habités et $\frac{1}{4000}$ pour les bois et les terrains de peu de valeur.

» La planchette n'est employée que pour cette dernière échelle.

» *Pas de nivellement sur les plans cadastraux.*

» 5° SUISSE. — Dans la première moitié de ce siècle, la planchette était exclusivement employée et les levers s'appuyaient sur une triangulation graphique. Depuis on se sert généralement du théodolite et de la méthode polygonale, avec alignements et perpendiculaires, la planchette n'étant plus autorisée que pour le lever des forêts, sauf dans les CANTONS DE FRIBOURG, de NEUCHATEL et de VAUD, où elle est encore d'un usage général, concurremment avec la mesure à la chaîne ou à la règle.

» L'emploi combiné de la stadia et de la planchette est interdit.

» *Les nouveaux plans* (échelle $\frac{1}{4000}$) *sont couverts de courbes de niveau définissant le relief du terrain.* »

6° En ANGLETERRE où le cadastre est terminé, la méthode des alignements (*the straight-line method*) a été seule employée et y est encore considérée comme la meilleure à suivre, à ce point que le théodolite lui-même a été abandonné dans le lever des détails (¹). Échelle $\frac{1}{2500}$.

7° BELGIQUE. — Enfin le cadastre de la Belgique, commencé en 1807 et 1808, fut continué à partir de 1814 et terminé en 1834, sauf pour le LIMBOURG et le LUXEMBOURG ; celui de ces deux dernières provinces fut entamé en 1839 et achevé en 1844.

Il fut levé par commune au moyen de l'équerre d'arpenteur et de la chaîne (par la méthode des alignements et par celle des coordonnées rectangulaires universellement employée pour les détails). La petite triangulation qui lui servait de base était faite au graphomètre. Ph. Van der Maelen, autorisé à prendre copie du cadastre, a publié, de 1837 à 1847, des atlas des plans cadastraux pour 137 communes, partie à l'échelle de $\frac{1}{2500}$, partie à celle de $\frac{1}{5000}$.

(¹) *Voyez* dans PIERCE, *On the use of the plane-table*, pages 36-39, la déposition du capitaine H.-R. Sankey, R. E., où il compare la méthode des alignements et le lever à la planchette dans des circonstances différentes pour démontrer que l'emploi de la planchette n'est pas toujours avantageux, à cause du grand nombre de stations qui peuvent être nécessaires, ce qui a fait abandonner l'emploi du théodolite pour le lever des détails.

Popp entreprit, vers 1850, la *publication des documents cadastraux de toutes les communes de la Belgique.* Les plans des communes étaient dressés à l'échelle de $\frac{1}{5000}$ (avec cartouches à $\frac{1}{1000}$ ou à $\frac{1}{1250}$ pour les villes). Cette publication fut arrêtée à la mort de Popp, en 1878. Le travail est effectué pour les six provinces de la FLANDRE OCCIDENTALE, de la FLANDRE ORIENTALE, du BRABANT, d'ANVERS, du HAINAUT et de LIÈGE ([1]).

Ces renseignements que l'on pourrait encore multiplier prouvent, comme nous l'avions fait pressentir, que la méthode des alignements a de nombreux partisans; ils laissent apercevoir néanmoins que les méthodes et les instruments préférés pour le cadastre ont changé assez souvent dans le courant de ce siècle, mais ce qui est particulièrement à noter, c'est que, malgré les avantages reconnus de la stadia associée à la boussole, au tachéomètre ou à la planchette de précision, on est revenu, dans la plupart des pays où l'on a repris ou entrepris récemment les travaux du cadastre, à cette méthode des alignements.

En France, où la question si grave de la réfection complète du cadastre est à l'étude depuis plusieurs années, des expériences nombreuses faites sur des terrains très variés doivent servir à déterminer le choix à faire, selon les cas, entre la Tachéométrie dont les instruments ont été non seulement perfectionnés, mais simplifiés, et par conséquent entre la méthode des relèvements purement numériques et la méthode mixte des alignements. On est même allé jusqu'à faire quelques essais de levers par la méthode photographique (qui exigerait, dans ce cas plus que dans tout autre, un doigté particulièrement délicat), ce qui prouve tout au moins, de la part de la Commission supérieure et de celle de la Direction générale des Contributions directes, un judicieux désir de ne rien négliger pour s'éclairer sur tous les côtés de la question.

Nous ferons encore remarquer deux faits des plus impor-

([1]) Nous devons ces renseignements sur le cadastre de la Belgique, à l'obligeance de M. le commandant Gillis, par l'intermédiaire de son savant chef de service, M. le général Hennequin.

tants consignés dans quelques-uns des documents précédents, concernant l'un le nivellement par sections horizontales, trop rarement effectué en même temps que le lever proprement dit ou la planimétrie, et l'autre la publication, déjà assez fréquente, au contraire, des plans cadastraux. Nous ne pouvons que souhaiter vivement la réalisation de ces deux mesures à l'occasion de la réfection du cadastre de notre pays, dont la première aurait une grande influence sur le choix des moyens à adopter, tant dans les pays de plaines que dans les pays mouvementés et dans les pays de montagnes où le nivellement acquiert même plus d'importance que la planimétrie.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, nous sommes portés à croire que, dans les plaines généralement très morcelées, la méthode des alignements resterait la plus sûre et la plus économique à la fois, le lever des lignes de niveau très espacées pouvant s'y effectuer également à peu de frais, à l'aide d'instruments très simples. Mais il ne semble pas douteux, au contraire, que le tachéomètre et la planchette de précision reprendraient l'avantage dans les pays mouvementés et, à plus forte raison, dans les pays de montagnes [1].

B. Études de terrain faites en vue d'avant-projets de travaux publics. — Si les plans du cadastre étaient couverts de courbes de niveau, gravés et mis dans le commerce, on peut dire que les études de terrain seraient faites à l'avance, au moins en ce qui concerne la Topographie (planimétrie et nivellement), car les travaux postérieurement exécutés de main d'homme et les accidents naturels (géologiques ou météorologiques), à

[1] Dans quelques colonies dont on a entrepris le cadastre et où le parcellaire est encore à mailles si larges, on a jugé à propos de recourir exclusivement au tachéomètre. Ainsi, en Tunisie, les autres instruments sont interdits et le tachéomètre de Goulier est imposé à tous les géomètres. Dans le Congo indépendant, le service cartographique belge a de même adopté le tachéomètre, celui de Richer. En pareil cas, en effet, les détails de la planimétrie à relever sont généralement si peu nombreux, que la méthode des relèvements numériques devient partout applicable. Il paraît pourtant que certains géomètres, en Tunisie, se plaignent de l'interdiction qui leur est faite, dans tous les cas, d'employer des instruments moins compliqués que le tachéomètre, dont l'usage devient souvent fatigant pour la vue.

de rares exceptions près, n'entraînent pas de modifications sensibles dans le relief du sol considéré dans son ensemble. Les avantages si aisés à prévoir et notamment l'économie que procurerait l'existence de documents exacts, dont le prix d'acquisition serait insignifiant comparé à celui d'opérations isolées et fréquentes, entreprises expressément pour obtenir des renseignements de même nature, sont tels que les pays civilisés ne devraient pas reculer devant une dépense forcément très importante, mais faite *une fois pour toutes*.

Nous ne pourrions pas nous étendre ici sur tous les autres avantages auxquels nous venons de faire allusion, mais on sait bien, par exemple, que les géologues surtout, les agriculteurs éclairés, les hygiénistes dans les grandes agglomérations et jusque dans le moindre village pourraient et sauraient sans doute tirer un grand parti de ces plans cadastraux *nivelés* ou des cartes à grandes échelles qui en seraient des réductions suffisantes (1).

---

(1) En Angleterre, on a commencé depuis longtemps à publier, à très bon marché, les plans cadastraux des paroisses (*parish maps*) à l'échelle de $\frac{1}{2500}$, dont la liste comprend actuellement plus de 700 pages in-8° du Catalogue de l'*Ordnance Survey of England and Wales;* London, 1896. Ces plans ne sont pas nivelés, mais ils répondent déjà à de nombreux besoins. Il en est de même des plans de Londres et de ses environs, aux échelles de $\frac{1}{10560}$ (6^{po} pour un mille) et de $\frac{1}{1056}$ (5^{pi} pour un mille) et de ceux de **425** villes toujours de l'Angleterre et du pays de Galles, aux échelles de $\frac{1}{1056}$, $\frac{1}{528}$ et $\frac{1}{500}$. Ajoutons, en passant, que sur quelques-unes des feuilles de la Carte des comtés d'Angleterre et d'Écosse, à l'échelle de $\frac{1}{10560}$, où le nivellement par courbes horizontales a été effectué, on a conservé la trace des opérations; certaines de ces courbes ayant été levées par points au moyen du niveau, d'une mire de hauteur constante et d'une chaîne de 10 yards, les points nivelés sont marqués de 10 yards en 10 yards sur la Carte. Entre les courbes levées, d'autres sont intercalées à vue à des équidistances verticales qui varient de 50 à 100 pieds anglais (de 15^m à 30^m environ).

J'ai choisi l'exemple de l'importante publication des plans cadastraux des paroisses et des villes d'Angleterre parce que, dès 1851, pendant un voyage de plusieurs mois dans ce pays, je me suis trouvé à même de constater le fréquent et précieux usage que l'on y savait faire de ces documents. Ainsi, il m'est arrivé de trouver dans une grande ville (à Portsmouth) chez un pharmacien, membre du Conseil d'hygiène, plusieurs plans à différentes échelles de la ville et du district destinés à guider ce Conseil et la Municipalité dans le tracé des rues nouvelles, la rectification des anciennes, l'assainissement par le drainage des eaux ménagères, etc. Sur l'un d'eux, sorte de plan d'ensemble, on ne s'était pas contenté d'inscrire

Les géomètres de la fin du siècle dernier, collaborateurs de Verniquet, étaient incontestablement mieux inspirés et plus au courant des principes de leur art que ceux du nouveau plan de Paris, si soigné qu'il soit matériellement, et si, de leur temps,

---

les cotes de nivellement relevées par les agents voyers, mais on s'était servi de ces cotes éparses pour tracer des sections horizontales continues par interpolation.

Quelques années plus tard, mon savant camarade et ami Delesse avait entrepris de tracer de la même manière des courbes de niveau sur un plan de Paris à l'échelle de $\frac{1}{5000}$: je l'avais aidé dans ce travail de patience souvent inextricable et nous avions saisi tous les deux l'occasion de la construction du nouveau plan de Paris, entreprise sous l'administration de M. Haussmann, pour suggérer l'idée de figurer sur ce plan, exécuté à l'échelle de $\frac{1}{1000}$, le relief du sol à l'aide de courbes levées rigoureusement à l'équidistance de 1ᵐ et, dans certains cas, avec des courbes intercalaires. Nous nous étions efforcés en même temps de démontrer que la dépense qu'entraînerait ce travail serait couverte et au-delà par l'économie que l'on pouvait faire en évitant d'édifier, à grands frais, ces échafaudages gigantesques en charpente, pompeusement décorés du nom de *pylônes,* dont tous les Parisiens d'un âge mûr se souviennent, qui couvraient les quais et les boulevards intérieurs et extérieurs, s'étendaient jusque dans la banlieue et devaient servir d'observatoires pour la triangulation.

J'avais été appelé à m'expliquer, à ce sujet, devant le Préfet de la Seine, à qui je fis remarquer que ces châteaux branlants étaient peu propres à leur destination et qu'il était inouï que l'on en eût l'idée dans une ville couverte de monuments élevés et solides sur lesquels les opérateurs chargés de la triangulation du beau plan de Verniquet avaient eu grandement raison de s'installer. J'avais même cité à M. Haussmann le scrupule des géomètres anglais qui, dans l'Inde, *au milieu des forêts,* avaient fait construire de *hautes tours en pierre* pour servir de signaux et de stations, *afin d'éviter les inconvénients des oscillations des charpentes en bois* ([a]). En dépit de l'intelligente initiative que l'on est accoutumé à entendre louer chez le célèbre administrateur, la proposition si raisonnable formulée par Delesse et par moi dans un Mémoire détaillé que je lui remis sur sa demande, ne fut pas prise en considération. Tout se réduisit à une lettre courtoise de M. Haussmann, dans laquelle il m'annonçait qu'il serait tenu compte de l'une de mes critiques concernant les pylônes. Ceux-ci étant, en effet, destinés à disparaître ne devaient, contrairement aux règles les plus élémentaires de la Géodésie et du sens commun, laisser aucune trace de la triangulation, et j'avais conseillé de marquer au moins d'un signe visible la projection sur le sol de chacun des sommets. C'est ainsi que l'on peut découvrir encore, çà et là, des disques de bronze scellés sur les trottoirs ou sur la chaussée, le long des quais et des boulevards, sur la place de la Madeleine, etc.

([a]) Les pylônes étaient sans doute incomparablement moins élevés que la tour Eiffel dont on a pu mesurer les oscillations, mais il est aisé de prévoir que des charpentes de bois, au haut desquelles l'observateur était obligé de se déplacer autour de son instrument, ne présentaient pas les conditions de rigidité nécessaires.

l'usage des courbes de niveau avait été aussi répandu que du nôtre, nul doute qu'ils en eussent profité pour achever l'œuvre si remarquable qu'ils ont laissée.

En attendant la réalisation de ce vœu (et il faut bien convenir que d'autres pays voisins sont déjà beaucoup plus avancés que nous dans cette voie, voyez dans la note précédente ce que nous disons de l'Angleterre à titre d'exemple, et il en faudrait citer bien d'autres), nous devrons encore peut-être pendant longtemps recourir aux études partielles ayant un objet déterminé, sans pouvoir éviter de revenir cent fois sur le même terrain, faute d'en avoir une représentation définitive, authentique (*standard*, diraient les Anglais) et pouvant répondre à tous les besoins. Fort heureusement, quoi qu'il arrive, nos géomètres, nos ingénieurs-topographes civils, désormais très exercés, en général, à l'emploi du tachéomètre et qui sauraient également bien se servir de la planchette de précision, sont en état d'entreprendre et d'exécuter les travaux dont il s'agit, soit par la méthode des relèvements numériques, soit par celle des levers rapportés sur le terrain, car depuis un certain nombre d'années cette corporation a fait de grands efforts pour se mettre à la hauteur de sa mission et elle y a réussi, ses excellentes publications périodiques en font foi ([1]).

C. Construction des cartes topographiques. — Nous verrons au Chapitre II que, déjà pour l'établissement de la Carte de Cassini, le lever des plans de détails (de la planimétrie) avait été confié à des géomètres civils, improvisés à la vérité pour la plupart, chargés en outre de représenter le figuré du terrain, tâche dont ils s'acquittèrent très médiocrement, sans que l'on puisse leur en faire un crime ([2]).

([1]) En France aussi bien qu'à l'étranger.

([2]) Nous verrons aussi dans le Chapitre II avec quelle supériorité les ingénieurs-géographes militaires s'acquittaient de tâches analogues et combien il est à regretter que l'on n'ait pas songé à utiliser leur expérience et leur talent, en leur donnant la direction de ce grand travail, Disons toutefois que le principal mérite de l'œuvre dont il s'agit, indépendamment de ce qu'elle constituait une entreprise hardie, sans précédent, la représentation et la publication à une grande échelle, $\frac{1}{86400}$, d'un pays aussi étendu que la France, c'est le soin avec lequel avaient été exécutées,

On sait, d'un autre côté, que la Carte dite de l'*État-major*, qui a remplacé celle de Cassini, a été exécutée, en effet, par les officiers du corps de l'État-major dans lequel on avait fait entrer les derniers ingénieurs-géographes qui étaient généralement d'excellents observateurs et avaient effectué, à la suite d'éminents astronomes, les triangulations des différents ordres et les nivellements géodésiques non moins importants pour atteindre le but que l'on s'était proposé. Il s'agissait, en effet, d'indiquer sur la nouvelle Carte, non plus seulement un figuré plus ou moins expressif, mais le relief même du terrain au-dessus du niveau de la mer.

L'élément fondamental remis entre les mains des officiers d'État-major était la réduction, convenablement effectuée, des plans des communes (1), souvent désignés sous le nom de *mappes cadastrales*, qu'ils assemblaient en se conformant aux indications des triangulations qui leur procuraient des repères en nombre suffisant. Le travail sur le terrain consistait à vérifier, à rectifier au besoin et à compléter les détails de la planimétrie; mais d'un autre côté on devait, en partant des repères de nivellement fournis par les géodésiens (2), procéder au tracé de courbes horizontales équidistantes qui, sur les minutes, répondaient immédiatement à l'objet qui vient d'être défini et qui étaient en outre destinées à servir de guides aux graveurs chargés de faire ressortir, d'après certaines conventions, tous les mouvements du terrain au moyen de hachures sur la carte définitive.

Ce que nous venons de dire des opérations qui ont précédé et préparé la construction de notre Carte d'État-major s'applique à celles qui ont été faites dans les autres pays, dont le cadastre était assez avancé. Mais pour l'exécution des détails,

---

par les Cassini eux-mêmes, les grandes triangulations qui étaient, à cette époque, des opérations pleines de difficultés.

(1) Ces réductions étaient faites avec une grande exactitude, mais assez péniblement à l'aide du pantographe, que l'on peut remplacer aujourd'hui avantageusement, sous tous les rapports et surtout sous celui de la rapidité des opérations, par les appareils photographiques.

(2) Ces repères seraient aujourd'hui bien plus nombreux et de la plus grande exactitude dans tous les pays où est organisé l'important service du nivellement général de précision.

ou plutôt pour leur revision et pour le lever des courbes de niveau, on sait que l'on a eu recours tantôt à la planchette avec alidade à éclimètre, tantôt à la boussole nivelante et que cette dernière a été exclusivement adoptée en France. La marche à suivre était cependant toujours la même et nous allons la rappeler en quelques mots.

La minute étant préparée comme on vient de l'expliquer plus haut, et en supposant la revision et les corrections de la planimétrie achevées, l'opérateur trouvait les cotes des points du terrain qu'il avait choisis pour s'y installer, ou bien il rattachait ces derniers à ceux dont les cotes figuraient sur la minute. A chacune de ses stations il déterminait les distances et les cotes d'autant d'autres points qu'il le jugeait nécessaire pour lui faciliter le tracé des courbes de niveau qu'il effectuait et qu'il se bornait même le plus souvent à amorcer, en s'inspirant des formes du terrain, et c'est en vue de se bien rendre compte de ces formes que le choix des stations devait avoir été fait. Souvent le point qu'il s'agissait de relever était reconnaissable sur la minute et il n'y avait alors qu'à en évaluer la distance d'après l'échelle, au moyen d'une règle divisée, et l'angle lu sur l'éclimètre de l'instrument permettait d'en calculer la cote. Mais, dans bien des cas, il n'en était pas ainsi, et il fallait obtenir la distance, soit en la faisant mesurer à la chaîne, soit en laissant un jalon au point considéré, puis en en déterminant la position par la méthode des intersections, en visant le jalon de deux stations distinctes.

On comprend, d'après cet exposé, combien l'emploi de la stadia aurait contribué à faciliter et à simplifier le travail, et l'on se demande comment il a pu se faire que, malgré la recommandation expresse du Ministre de la Guerre, après les expériences entreprises avec les instruments du chevalier de Lostende, sous les auspices de Maissiat [1], la boussole nivelante de ce dernier a seule été mise à la disposition de nos officiers.

On se souvient cependant que, dans le même temps, les

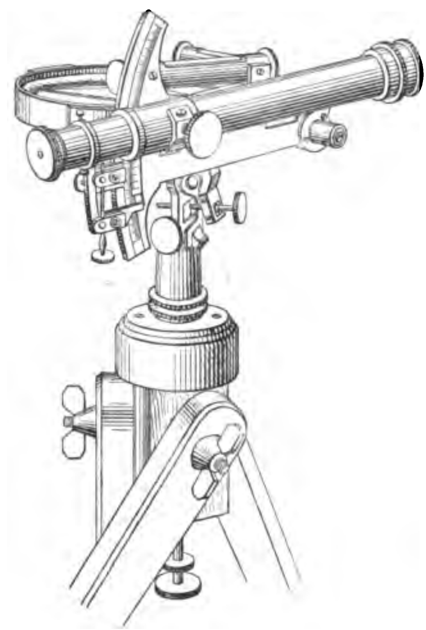
---

[1] Maissiat avait lui-même fait construire un instrument un peu différent de celui de de Lostende.

ingénieurs suisses se servaient de la planchette stadimétrique; mais on paraît avoir hésité, un peu partout, à cette époque, à associer définitivement la stadia à la boussole dont la lunette paraissait trop faible et il faut arriver à la date de 1859 pour voir adopter les deux instruments réunis, en Belgique où l'on entreprenait de lever la Carte topographique à l'échelle de $\frac{1}{20000}$.

Le capitaine (depuis général) Liagre, à l'initiative duquel est due cette importante mesure, avait commencé lui-même, en

Fig. 92.



Boussole toute en métal d'Oberhauser.

1853 et 1854, à faire construire par l'habile artiste Sacré une sorte de *niveau-cercle* analogue à celui de Lenoir ([1]), qu'il

([1]) Nous supposons cet instrument connu du lecteur ainsi que les autres niveaux de précision en usage; notre intention n'a jamais été de donner dans ces recherches, sur la Topographie proprement dite, la description des instruments spéciaux de nivellement.

désignait sous le nom de ***stadia nivelante*** et avec lequel il fit de nombreuses expériences pour se rendre compte de la précision que l'on pouvait obtenir en mesurant les distances à la stadia, sans recourir à de forts grossissements. Il avait appliqué aux résultats obtenus le calcul des probabilités, qui lui était très familier, et indiqué l'erreur moyenne que comportait le procédé avec une lunette d'un grossissement déterminé et modéré ([1]). La cause était gagnée, mais le savant officier qui avait toujours fait passer l'intérêt du service avant les satisfactions d'amour-propre, ne chercha pas à imposer sa stadia nivelante et n'hésita pas à donner la préférence à une ***boussole entièrement en métal*** dont la disposition, la même que celle de la boussole de Goulier, a été imaginée tout à fait indépendamment, peut-être même antérieurement, par Oberhauser ([2]). Nous donnons la figure de cet instrument (*fig.* 92), moins délicat que celui de Goulier, mais qui répondait parfaitement à sa destination et paraît avoir été mis le premier en usage, dès les débuts des travaux de la Carte topographique de Belgique ([3]).

En résumé, indépendamment de nos prévisions, sinon de nos préférences concernant le choix des méthodes à appliquer au cadastre, aux études de terrain et à la construction des cartes topographiques, dans les conditions habituelles, nous avons émis le vœu que les opérations du cadastre comprissent le nivellement par courbes, et nous ne croyons pas nécessaire de revenir sur les avantages incalculables qui résulteraient d'une semblable mesure. Il est à peine besoin, d'un autre côté, d'ajouter que les grandes divisions du travail consacrées

---

([1]) Voyez les *Bulletins de l'Académie des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique*, tomes XX et XXI, 1re série, années 1853 et 1854.

([2]) Voyez la *Notice sur les travaux topographiques de l'Institut cartographique militaire;* Bruxelles, 1881 (A. Cnophez et fils).

([3]) Ces travaux ont été commencés en 1859 et l'on s'était d'abord servi de la chaîne pour la mesure des distances aux environs d'Anvers et au camp de Beverloo, mais on n'avait pas tardé à reconnaître combien cette pratique était gênante dans un pays aussi coupé d'obstacles que la Belgique et l'on avait aussitôt compris l'avantage qu'il y aurait à adopter la boussole nivelante stadimétrique d'Oberhauser. *Voyez* la *Notice* mentionnée ci-dessus et le n° 24 du *Mémorial de l'Officier du Génie.*

par l'expérience devraient être maintenues pour donner toutes les garanties de précision à l'œuvre fondamentale dont il s'agit. Ainsi, les grandes triangulations placées, d'ancienne date, dans les attributions des services géographiques de l'armée y resteraient aussi bien que la construction des cartes topographiques et chorographiques qui seraient de simples réductions habilement interprétées des mappes cadastrales. D'un autre côté, le service du Nivellement général créé en France depuis moins d'un demi-siècle (et imité depuis à l'étranger) garderait la responsabilité du travail délicat dont il est chargé, et les ingénieurs du cadastre auxquels ces deux services procureraient les éléments primordiaux, c'est-à-dire les repères de la planimétrie et du nivellement, lèveraient de la manière la plus rigoureuse et la plus détaillée les plans nivelés aux plus grandes échelles, depuis $\frac{1}{500}$ jusqu'à $\frac{1}{2000}$, avec tableaux d'assemblage à $\frac{1}{10\,000}$.

Ces derniers ingénieurs seraient d'ailleurs naturellement chargés du service dit de la *Conservation du Cadastre,* qui consiste à tenir les plans de chaque commune au courant des modifications que peut éprouver le sol par suite des nouveaux travaux entrepris par l'État, par des compagnies industrielles, par les communes elles-mêmes ou par des propriétaires et, en outre, des *mutations* dans l'assiette de la propriété.

Telle semble être, en effet, la tendance actuelle des pays les plus avancés, et il est probable qu'elle deviendrait générale et se réaliserait bientôt, si d'autres préocupations ne venaient trop souvent entraver l'accomplissement des idées les plus saines et les plus fécondes.

XXXVI. — *Levers spéciaux des terrains boisés et des souterrains.*

En décrivant les méthodes topographiques en usage et les instruments au moyen desquels on les applique, nous n'avons pas considéré à part les cas où de grandes étendues de terrain sont couvertes de bois et nous avons toujours supposé que l'on opérait en plein air, à la surface du sol.

Levers des pays boisés et des mines. — Nous rapprochons ces deux circonstances parce qu'il est aisé de concevoir que la même méthode doit être appliquée là où l'on cesse de découvrir le terrain dans toutes les directions et dans les souterrains où la vue est encore plus limitée. Cette méthode est forcément celle des cheminements.

Dans les premiers cas, les cheminements peuvent être dirigés de manière à former un réseau de polygones contigus les uns aux autres et venant se rattacher à des triangulations qui enveloppent les bois et les forêts et qui y pénètrent même assez souvent ([1]). Quand il s'agit d'un bois ou d'une forêt dont l'étendue n'est pas trop considérable, on peut les envelopper entièrement dans un polygone dont quelques-uns des sommets sont situés sur le prolongement des routes ou des chemins qui les traversent. Enfin, quand ces routes ou ces chemins se prolongent en ligne droite dans toute la largeur du bois et que le terrain s'y prête, on mesure avec le décamètre en ruban d'acier en chaînant sur le sol et non par ressauts, plutôt deux fois qu'une, la longueur totale de ces chemins entre deux sommets du polygone enveloppant, en prenant toutes les précautions requises et en se servant au besoin d'un cercle d'alignement répétiteur ou réitérateur. La même opération est faite, autant que possible, dans deux sens à peu près rectangulaires, et des piquets doivent être laissés aux points d'où partent d'autres chemins ou d'autres sentiers que le géomètre suivra plus tard, la boussole à la main, pour former d'autres polygones intérieurs ou plutôt des traverses aboutissant à deux piquets bien repérés.

Instruments employés par les forestiers. — Les instruments dont se servent en général nos agents forestiers français appartiennent aux deux types suivants (*fig.* 93 et 94) construits très habilement par M. H. Bellieni, de Nancy, sous la direction de M. le professeur E. Thierry, de l'École forestière,

([1]) Les forêts sont fréquemment percées de larges routes rectilignes qui débouchent dans des plaines où l'on peut placer des signaux de triangulation visibles des carrefours.

et qui sont dérivés des boussoles que le colonel Goulier avait fait adopter à l'École d'application de Metz et par le service du Génie. Les principales modifications apportées à la nouvelle construction consistent en ce que la lunette est simplement stadimétrique avec un angle micrométrique de $\frac{1}{100}$ et non plus

Fig. 93.



Boussole forestière.

anallatique; le mode de suspension de l'aiguille aimantée est moins délicat et n'est plus automatique; enfin, on a introduit des vis de rappel qui n'existaient pas et qui étaient reconnues nécessaires.

Depuis une quinzaine d'années, d'après les conseils de M. le professeur Thierry, la mesure des distances, qui s'opérait auparavant à peu près exclusivement à l'aide de la chaîne ou du ruban d'acier, s'effectue aujourd'hui à la stadia dans les terrains accidentés, c'est-à-dire partout où l'on serait obligé de tenir la chaîne ou le ruban horizontalement en procédant par ressauts.

Dans ces terrains accidentés, le lever des courbes de niveau s'effectue, quelquefois assez péniblement d'ailleurs, comme nous l'avons expliqué à propos des levers en pays de montagnes, en recourant aux angles et aux échelles de pente.

Fig. 94.



Autre boussole forestière.

Nous ne croyons donc devoir rien ajouter à cette explication, mais nous terminerons ce qui concerne les levers forestiers en exprimant l'espoir que la méthode photographique s'introduira bientôt dans un service qui aurait le plus grand intérêt à l'adopter dans les cas, si nombreux aujourd'hui, des études qu'il a à entreprendre dans les pays de montagnes dont le reboisement s'impose et où il faut lutter énergiquement

pour combattre les désastres qu'y produisent les torrents ([1]).

LEVERS DES MINES, CARRIÈRES SOUTERRAINES, ETC. — Dans les levers souterrains, les fermetures des cheminements, si importantes comme moyens de vérification et qui peuvent presque toujours s'effectuer dans le cas des levers forestiers, deviennent au contraire rarement possibles, les galeries de mines notamment ne communiquant le plus ordinairement à l'extérieur que par des puits et non par des rampes. Quand il y a plusieurs puits aboutissant à une même galerie, on parvient encore à rattacher les opérations qui y sont faites au canevas superficiel, en projetant certains points bien déterminés de l'ouverture de ces puits au fond avec un fil à plomb dont on mesure la longueur, qui donne la profondeur pour chacun des points; il y a là, en effet, une sorte de fermeture, mais quand il n'y a qu'un puits, on est réduit à utiliser la plus grande largeur de son ouverture pour projeter deux de ses points au fond, et c'est à partir de la très petite base qui en résulte que l'on continue le cheminement dans les galeries, sans revenir au jour. On conçoit, d'après cela, combien il est difficile alors d'orienter exactement et de faire correspondre les plans souterrains avec ceux de la surface.

INSTRUMENTS EMPLOYÉS DANS LES SOUTERRAINS. — A quelques exceptions près, on a renoncé à se servir de la planchette dont les propriétés essentielles se trouvaient paralysées à chaque instant ([2]). La boussole, au contraire, était tout indiquée et paraît avoir été, en effet, introduite depuis longtemps dans les mines ([3]); elle serait même sans doute employée exclusivement si elle n'était pas exposée à des perturbations qui

---

([1]) On verra au Chapitre III que, dans d'autres pays et principalement en Autriche, les services forestiers ont reconnu la très grande utilité de la méthode photographique.

([2]) Nous devons rappeler cependant que, d'après M. Tixidre, le tachymétrographe avait pu lutter avantageusement dans les levers souterrains avec les instruments qui y sont le plus habituellement en usage.

([3]) On trouve l'emploi de la boussole dans les mines mentionnée, dès le milieu du XVIe siècle, dans l'Ouvrage célèbre d'AGRICOLA, intitulé *De re metallicâ*; Bâle, 1556.

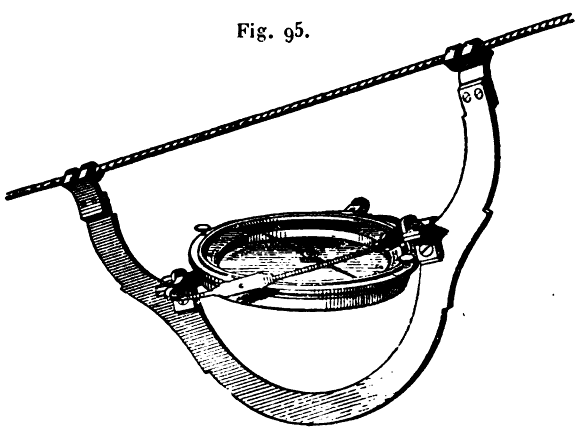
peuvent en fausser les indications. On lui substitue donc, quand il y a lieu, c'est-à-dire dans les terrains reconnus magnétiques, le graphomètre à défaut d'instruments plus précis, et de préférence aujourd'hui, des théodolites de construction plus simple que celle des instruments des géodésiens, mais permettant, comme eux, de mesurer à la fois les directions et les angles de pente.

En plein air, dans les forêts, quand on est obligé de renoncer à la boussole, on se sert des instruments ordinaires, c'est-à-dire de ceux que l'on emploie pour les levers en terrains découverts, et le théodolite passe même alors au tachéomètre et sert aussi à mesurer les distances, comme nous l'avons dit plus haut.

Mais dans les mines et les autres souterrains (carrières, tunnels, cavernes, etc.), on a été conduit à donner aux deux instruments principaux des dispositions spéciales.

Boussole suspendue des mineurs. — Dans les galeries de mines, généralement revêtues d'un boisage, on s'est beaucoup servi,

Fig. 95.



Boussole suspendue des mineurs.

en Allemagne depuis plus de deux siècles et demi (1), et plus

(1) Grâce aux renseignements concordants qui m'ont été communiqués, ce dont je me fais un devoir de les remercier, par M. le professeur G. Köhler, directeur de l'Académie des Mines de Clausthal, et M. André Pelletan, ingé-

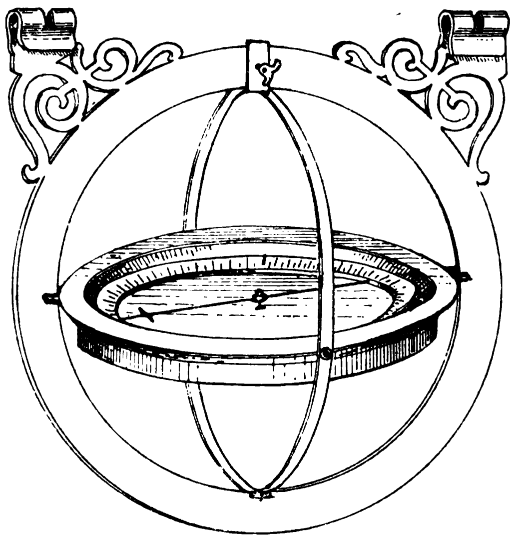
tard en France, de la *boussole suspendue* que l'on accroche, en effet, comme l'indique la *fig.* 95, à un cordeau tendu à la

---

nieur en chef, professeur à l'École supérieure des Mines de Paris, je suis en mesure de résumer ici l'histoire de cette ingénieuse invention.

La première idée de la suspension de la boussole remonte à 1636; elle est due à Balthazar Rössler, qui était directeur des Mines (*Bergmeister*) à Altenberg, en 1673, et se trouve décrite dans la *Geometria subterra-*

Fig. 96.



Kreuzhängezeug nach Rössler 1636.

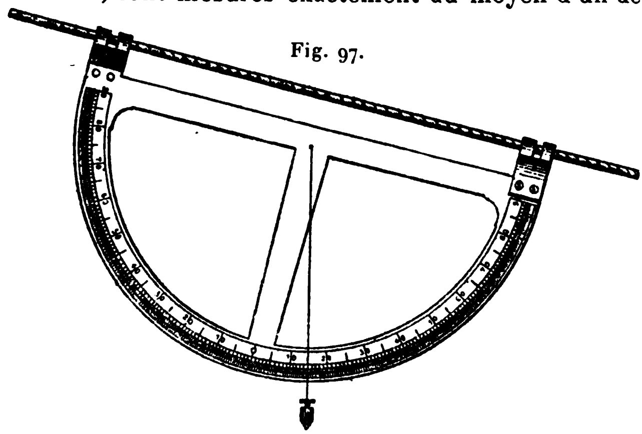
nea de NICOLAUS VOIGTEL, Ouvrage duquel est extraite la figure ci-dessus (*fig.* 96).

La disposition actuelle, représentée dans le texte, a été imaginée à la fin du siècle dernier par J.-G. Stüder et décrite par lui dans l'Ouvrage qui a pour titre : *Beschreibung der Verschieden Zeichnen und vorzugliech beim Bergbau nöthigen Vermessungs-instrumente*, von JOHANN GOTTHELF STÜDER, Königl. Sächs. Hof- und Münzmechanikus zu Dresden, auch Ehrenmitgliede der ökonomischen Gesellschaft zu Leipzig; Dresden, 1811.

L'auteur, après avoir, en effet, donné la description d'un assez grand nombre d'instruments à l'usage des dessinateurs, d'après les meilleurs auteurs et constructeurs de son temps, tels que Breithaupt, Bion, Mayer, Adams, Leipold, Brander, rappelle les propriétés de l'aiguille aimantée et

hauteur de la vue et allant alternativement d'une paroi à l'autre de la galerie. Une suspension à la Cardan permet à la boîte et au limbe divisé de la boussole, tous les deux en laiton, de prendre spontanément la position horizontale; le cordeau remplaçant pour ainsi dire l'alidade, il n'y a pas de pointé à faire et l'orientation du cordeau se lit immédiatement au point indiqué par l'aiguille. Les côtés du cheminement en zigzag déterminé par le cordeau, d'une longueur habituelle de 10^m environ, sont mesurés exactement au moyen d'un déca-

Fig. 97.



Clisimètre à perpendicule.

mètre en laiton très léger et très maniable, et les détails dans le sens horizontal et dans le sens vertical, au mètre ou au double mètre. Les pentes sont relevées sur un *clisimètre* ou *demi-cercle à perpendicule* (*fig.* 97), suspendu également au cordeau vers le milieu de la longueur, après que la boussole a été enlevée.

Il va sans dire que le procédé des relèvements numériques,

---

indique les anciennes dispositions de la boussole de mines carrée, puis il entre dans les détails les plus minutieux sur sa nouvelle boussole suspendue, sur le niveau de pente à perpendicule également suspendu (clisimètre) et sur le rapporteur à cadre rectangulaire, dans le but, dit-il, de mettre les artistes qui ne les connaîtraient pas en état de les construire. L'Ouvrage contient en outre la description de quelques autres instruments utiles aux ingénieurs, notamment celles d'un niveau à bulle d'air et à lunette et d'une balance de précision.

avec de nombreux croquis visuels pour les détails de toute nature et notamment ceux du profil variable de la galerie, est le seul qui soit praticable en pareil cas, et l'on peut prévoir que la tenue du registre d'observations, à plusieurs colonnes, réclame la plus grande attention.

Pour rapporter les angles dans le cabinet, on a imaginé de se servir de la boussole elle-même dont la boîte circulaire est alors introduite et arrêtée au milieu d'un cadre rectangulaire qui a l'un de ses côtés aminci en biseau avec une division en millimètres servant à rapporter les longueurs de côtés. Tout cet ingénieux matériel peut se loger dans un étui très portatif, désigné sous le nom de *pochette du mineur*.

On emploie cependant aussi dans les mines, la ***boussole carrée*** dite d'*arpenteur*, avec l'éclimètre et la lunette ou l'alidade simple placée sur l'un des côtés de la boîte (comme dans la boussole de Maissiat et ses dérivées). Cet instrument, placé sur un trépied, exige une mise en station, et l'excentricité de la ligne de visée, dirigée le plus souvent sur des points très rapprochés, oblige à des corrections continuelles.

En Angleterre, où l'on emploie à peu près exclusivement la boussole montée sur un trépied (*fig.* 98), l'alidade à simples pinnules est annulaire et se meut librement autour d'un axe horizontal relié à la boîte de la boussole; la ligne de visée peut ainsi prendre toutes les inclinaisons dans un plan qui passe par le centre, en évitant par conséquent l'inconvénient qui vient d'être signalé.

Le modèle adopté depuis un demi-siècle environ est celui de la boussole de Hedley, le célèbre ingénieur, avec un genou à emboîtures de Davis ou celui de Hoffman qui rendent facile et stable la mise en station ([1]).

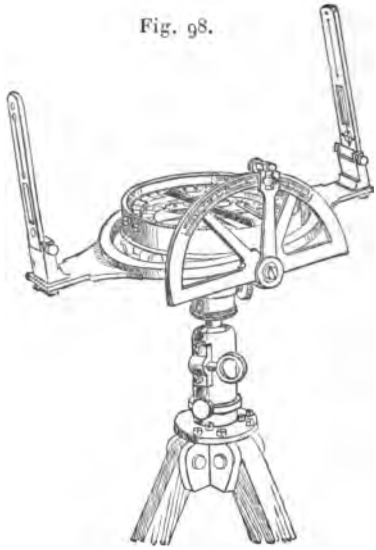
Quand on a à craindre les influences magnétiques sur l'aiguille de la boussole, on est bien obligé de renoncer à cet instrument et l'on a recours aux graphomètres ou aux théodolites. Ces derniers sont analogues à ceux que l'on emploie

([1]) *Voyez* la description des genoux de Davis et de Hoffman et celle de la boussole de Hedley dans *A Treatise on mathematical instruments*, etc., by J.-F. HEATHER, revised by Arthur T. WALMISLEY; London, 1888.

en plein air, mais, en général, de plus petites dimensions. On retrouve même les deux types adoptés successivement par les géodésiens, le théodolite à lunette excentrique avec un contre-poids du côté opposé, et le théodolite à lunette centrale.

Lorsqu'on se sert des instruments du premier genre auquel appartient le *théodolite de Combes*, employé en France, il

Fig. 98.



Boussole de Hedley.

faut faire la correction de l'excentricité, mais on a l'avantage de pouvoir donner toutes les inclinaisons à la ligne de visée; avec ceux du second genre, par exemple celui de *Breithaupt*, généralement adopté en Allemagne, il n'y a pas de correction à faire, mais l'inclinaison de la ligne de visée est limitée par la présence du cercle azimutal. On peut cependant atteindre encore les pentes de 60°, généralement suffisantes ([1]).

([1]) *Voyez* les deux types du théodolite de mines dans l'Ouvrage cité plus haut, de MM. Durand-Claye, Pelletan et Lallemand. On y ajoute habituellement une boussole qui reste en permanence dans le théodolite de Combes et qui, posée au moyen de supports à chevrons sur l'axe de rotation de la lunette dans les théodolites allemands, peut être enlevée ou re-

MIRES SPÉCIALES. — Le grand avantage de la boussole suspendue est, ainsi que nous l'avons fait remarquer, qu'il n'y a pas de visées à faire, puisqu'il n'y a ni alidade ni lunette, et il en est de même pour l'éclimètre à perpendicule, également suspendu au cordeau, qui forme successivement les côtés du cheminement; mais dans les galeries principales où il y a de longues distances à relever, le théodolite (ou le graphomètre que l'on emploie en Angleterre) donne une plus grande exactitude et doit être préféré même dans les mines où l'aiguille aimantée n'est pas influencée.

Pour diriger l'alidade ou la lunette, les galeries étant plongées dans l'obscurité, il faut évidemment avoir des mires lumineuses convenablement installées et, quand on emploie une lunette, il faut en outre éclairer les fils du réticule ou plutôt le champ de la lunette sur lequel les fils se détachent en noir [1].

Nous bornerons là les explications que nous avons voulu donner sur les levers spéciaux et, en particulier, sur les levers souterrains, à cause des modifications que l'on a été conduit à apporter à la construction des instruments et aux méthodes ordinaires pour les approprier à des circonstances que nous devions rappeler, en raison de leur importance et de leur fréquence dans certaines contrées. Il y aurait bien encore d'autres détails à ajouter à ce sujet, mais nous n'avons jamais eu la prétention de traiter toutes les questions qui se rattachent à nos recherches, et, pour celles que nous avons laissées volontairement de côté dans ce paragraphe, nous renvoyons le lecteur à l'excellent Ouvrage que nous avons cité et auquel nous avons même emprunté plusieurs figures.

---

placée à volonté. Certains constructeurs français ont également adopté cette disposition. *Voyez* le *Catatogue général* de la Maison Morin et Gensse, de Paris, 25e édition; 1897.

(1) Nous pourrions encore signaler, comme un instrument particulièrement propre au nivellement dans les galeries de mines, le niveau d'eau à tube en caoutchouc, dit *niveau Aïta,* dont le principe est, comme dans le niveau d'eau ordinaire, celui des vases communiquants et dont l'usage des plus simples n'a pas besoin d'explication.

XXXVII. — *Levers rapides. Instruments simplifiés.*

Levers à exécuter en peu de temps. — On a souvent besoin en campagne et même en temps de paix d'obtenir rapidement un plan suffisamment exact de positions que l'on doit occuper temporairement ou qu'il pourrait devenir nécessaire de fortifier d'une manière permanente. Dans les services publics civils, il est également utile, dans bien des cas, d'entreprendre à la fois des études sommaires sur différents points plus ou moins éloignés les uns des autres, avant d'arrêter son choix et de rédiger des projets définitifs de travaux importants, routes, canaux, chemins de fer, etc.

Les levers rapides, expédiés, comme on les désigne habituellement dans l'armée, exécutés exceptionnellement à l'échelle de $\frac{1}{5000}$ et, le plus habituellement, aux échelles de $\frac{1}{10000}$ ou de $\frac{1}{20000}$, doivent nécessairement suffire en campagne et supposent, par conséquent, une grande expérience de la part de ceux qui en sont chargés [1]. Quand il s'agit de travaux durables, ou bien l'on emploie l'échelle de $\frac{1}{5000}$ qui permet déjà d'établir des projets arrêtés, ou bien, si l'on se contente d'une plus petite échelle, on ne considère plus les plans ainsi obtenus que comme des études préparatoires et il devient indispensable de procéder de nouveau à des levers dessinés à de plus grandes échelles dans les conditions habituelles, c'est-à-dire en y consacrant tout le temps nécessaire.

---

[1] Il existe, dans les archives du Dépôt de la Guerre, au Dépôt des fortifications et dans plusieurs Directions du Génie, des plans et des cartes topographiques de positions militaires, de camps retranchés, de places assiégées, de champs de bataille, etc., levés pendant les guerres de la Révolution et de l'Empire, du genre de ceux dont il est question, exécutés à des échelles de l'ancien système de mesures duodécimales, telles que $\frac{1}{7200}$, $\frac{1}{8640}$, $\frac{1}{14400}$, etc. Ces documents témoignent bien souvent d'une grande habileté et quelquefois d'un véritable talent de la part de leurs auteurs. On peut s'en faire une idée en parcourant l'Atlas de l'Ouvrage du chef de bataillon du génie Belmas sur les *Sièges d'Espagne*.

Série des opérations a effectuer. — La marche à suivre dans les levers expéditifs et les méthodes à employer ne diffèrent pas d'ailleurs et ne sauraient différer de celles qui ont été indiquées pour les levers de précision. Seulement, en ce qui concerne les détails surtout, et souvent même pour les opérations fondamentales, il faut se contenter d'instruments plus simples et quelquefois on est obligé d'en improviser.

On a toujours, en effet, à mesurer une base, à exécuter une triangulation et à déterminer des repères en nombre suffisant et convenablement répartis pour former le canevas auquel doivent être rattachés les détails de la planimétrie; enfin on cherche encore à représenter, au moins approximativement, le relief du terrain déduit de nivellements qui, pour être forcément très rapides, ne doivent pas moins comporter des moyens de vérification.

Pour la base, on fait choix, quand on le peut, d'une route centrale peu accidentée, et l'on en mesure les parties rectilignes successives au ruban d'acier, à la chaîne, à la stadia ou même au pas de marche préalablement étalonné entre des bornes kilométriques (1). Ces mesures sont rapportées immédiatement, quand il y a lieu, sur la planchette dont il va être question, ainsi que les angles des différentes parties, relevés eux-mêmes avec cette planchette.

Une première triangulation peut être effectuée à l'aide d'un cercle géodésique ou mieux encore d'un théodolite qui sert en même temps à exécuter le nivellement des sommets des triangles; cela est même à peu près indispensable lorsqu'il s'agit d'un lever d'ensemble d'une assez grande étendue confié à plusieurs opérateurs, sur les planchettes desquels sont rapportés un nombre convenable de sommets correspondant à autant de signaux naturels : clochers, cheminées d'usines, pignons ou cheminées de maisons bien reconnaissables, arbres isolés, poteaux télégraphiques, etc.

---

(1) A défaut d'une route bien située, on cherche un terrain uni pour y mesurer la base par l'un des moyens indiqués.

Fig. 99.



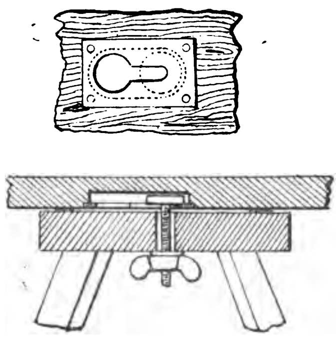
Planchette simple, déclinatoire et alidade.

Instruments simplifiés pour le lever des détails. — Avec ces indications (comprenant les cotes de nivellement des points triangulés) ou bien quand le lever ne doit embrasser qu'une faible étendue de terrain, l'opérateur n'a plus besoin d'avoir à sa disposition qu'une planchette bien construite mais encore assez légère, portée par un pied à trois branches sans l'intermédiaire d'articulations compliquées et accompagnée d'une alidade nivellatrice et d'un déclinatoire (*fig.* 99).

Pour faciliter la mise en station de cette planchette, on emploie, en France, soit la calotte sphérique de Bodin, soit un dispositif encore plus simple, également emprunté à l'École d'application de l'Artillerie et du Génie, et représenté *fig.* 100.

On voit sur cette figure une entaille à mi-bois pratiquée au-dessous de la planchette et garnie d'une plaque métallique

Fig. 100.



Plateau à coulisse de la planchette.

percée d'une ouverture circulaire prolongée par une rainure dans laquelle on engage la tête d'une vis centrale qui traverse le plateau du trépied. En serrant ou en desserrant un écrou inférieur, la planchette peut être fixée à ce plateau ou devenir libre de tourner. On en profite pour l'orienter au moyen du déclinatoire ou des signaux naturels (procédé Pothenot), après l'avoir calée horizontalement à l'aide du niveau de l'alidade et du déplacement de l'une des trois branches du pied guidé par les indications de ce niveau, convenablement dé-

placé lui-même sur la planchette dans deux directions rectangulaires.

Soit que le papier qui recouvre la planchette porte des points triangulés et cotés, ou que l'on y ait rapporté la base mesurée avec ses angles, dont les sommets peuvent servir de stations fractionnant cette base, on est en mesure d'opérer une *triangulation graphique* complémentaire ou primordiale. Dans tous les cas, on doit profiter des positions relatives des premiers points déterminés pour en obtenir d'autres au moyen de *triangles bien conformés*, en ne négligeant jamais de se ménager des vérifications.

Quand le nombre des signaux naturels triangulés trigonométriquement ou graphiquement est devenu suffisant, la planchette, on le sait déjà depuis longtemps, est l'instrument qui se prête le mieux à la détermination directe des points que l'on choisit successivement pour y stationner et y rattacher les détails. Cette détermination s'effectue, en effet, facilement par *relèvement* (procédé Pothenot) ou, plus rapidement encore, par la méthode dite de *recoupement* qui suppose la planchette orientée ([1]).

Nivellement. — Les divisions tracées sur les branches des pinnules, qui sont habituellement des centièmes de leur intervalle, rendent le nivellement par pente très expéditif et suffisamment exact, quand la distance entre le point visé (dont la cote a été déduite elle-même d'un repère de nivellement supposé existant sur la base ou dans son voisinage ou résultant d'un nivellement trigonométrique) et le point à déterminer n'est pas trop grande ([2]).

([1]) Quand la planchette est orientée, au moyen d'un déclinatoire sur la sensibilité duquel on peut compter, et que l'on reconnaît bien les signaux naturels qui s'y trouvent rapportés, en dirigeant l'alidade successivement sur deux de ces signaux convenablement espacés angulairement, et en faisant passer sa règle par les points correspondants de la planchette, la rencontre des deux lignes tracées le long de cette règle détermine la station. C'est ce que l'on appelle un *recoupement*.

([2]) Nous n'avons pas entrepris de traiter complètement l'histoire des instruments et des méthodes de nivellement; mais nous n'avons pas moins constaté et nous constatons une fois de plus que leurs progrès sont dus

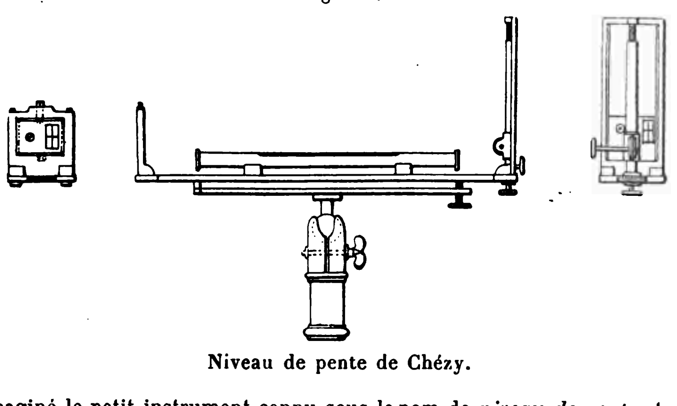
Le côté de l'alidade le long duquel on trace les directions des points visés, taillé en biseau, est lui-même divisé en millimètres et sert à rapporter les distances sur le plan ou à les y évaluer, fournissant ainsi le second élément du calcul des différences de niveau dont le premier est donné par la lecture de la division de la branche de la pinnule objective.

De même que l'on multiplie, autant qu'on le peut faire sans confusion, les points triangulés rapportés ou obtenus sur la planchette pour faciliter le relèvement des stations qui complètent le canevas, on peut également multiplier ces points de stations pour lever rapidement les détails. L'indépendance avec laquelle on opère par la méthode des relèvements est d'ailleurs telle que ces détails peuvent être tracés sur la planchette, au fur et à mesure que l'on vient s'installer aux différentes stations, sans attendre l'achèvement du canevas, comme on serait obligé de le faire si ce canevas était levé par la méthode des cheminements, les stations ne pouvant être alors considérées comme définitivement déterminées qu'après la

---

en grande partie à notre corps des Ponts et Chaussées. C'est ainsi que pour relever ou pour tracer les routes en déterminant leurs pentes, Chézy avait

Fig. 101.



Niveau de pente de Chézy.

imaginé le petit instrument connu sous le nom de *niveau de pente* et qui a été le précurseur et l'inspirateur de l'alidade nivellatrice. Nous donnons ici, simplement à titre de document, la figure du niveau de pente de Chézy (*fig.* 101).

fermeture des polygones et des traverses aux sommets desquels elles se trouvent ([1]).

Pour les détails de la planimétrie, on procède aussi comme dans les levers réguliers par rayonnement (orientation et distance du point visé avec l'alidade — coordonnées polaires) ou par la mesure des abscisses et des ordonnées des différents points rapportées à une ligne du canevas (coordonnées rectangulaires supposant l'emploi de l'équerre d'arpenteur), et en choisissant les détails les plus intéressants, lorsqu'on est obligé d'en omettre. Là où ces détails deviennent très nombreux et importants, comme dans les villages, les groupes d'habitations avec des murs et d'autres clôtures, dans les parties boisées, etc., la méthode des cheminements s'impose et il faut la diriger de manière à construire un canevas de polygones fermés. Cela peut encore se faire avec le déclinatoire associé à la planchette et, à la grande rigueur, avec la planchette seule dans les cas où l'on aurait à craindre des actions magnétiques perturbatrices, mais on doit alors éviter de multiplier les stations et recourir plutôt assez souvent à l'équerre d'arpenteur.

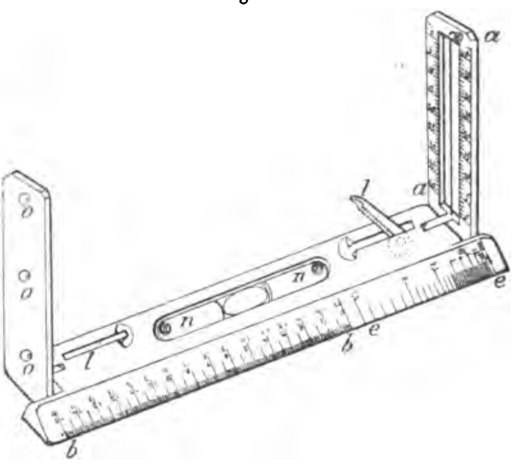
Pour le nivellement par courbes, comme avec la planchette on opère toujours en présence du terrain et qu'il est dès lors beaucoup plus facile de se laisser guider par les formes et les lignes caractéristiques énumérées au Paragraphe XXVII, on doit amorcer tout au moins les éléments les plus importants des courbes horizontales et leurs accidents, si l'on n'a pas le temps de les suivre sur toute l'étendue du lever.

Alidades nivellatrices perfectionnées. — Nous terminerons cet aperçu de la question des levers rapides, en mentionnant deux alidades nivellatrices qui, par le soin apporté à certains détails de leur construction, tendent à accélérer les opérations et à en accroître les précisions.

([1]) C'est cette importante propriété de la planchette, à laquelle faisait allusion le lieutenant-colonel Holdich après le général Walker, quand il rappelait l'usage si avantageux qui a été fait de cet instrument réduit à l'état le plus rudimentaire dans l'Inde et sur la frontière afghane où les levers des détails étaient facilités et garantis par le grand nombre de points triangulés rapportés sur les planchettes.

La *fig.* 102 qui représente l'*alidade nivellatrice* du colonel Goulier et la légende qui l'accompagne en feront immédiatement saisir les avantages.

Fig. 102.



Alidade nivellatrice de Goulier (¹).

LÉGENDE :

ooo, pinnule oculaire à trois œilletons étagés; l'œilleton du milieu est celui dont on se sert le plus souvent, les deux autres n'étant utilisés que pour les fortes inclinaisons dans un sens ou dans l'autre. Dans quelques instruments destinés aux pays de montagnes, les œilletons sont pratiqués dans une lame qui peut coulisser le long du bâti de la pinnule pour permettre d'évaluer les pentes jusqu'à 70 pour 100.
aa, pinnule objective divisée sur ses deux bords intérieurs;
nn, niveau à bulle d'air ou nivelle;
l, *l*, petits leviers à came excentrique servant à caler la règle de l'alidade;
bb, bord de la règle divisée en millimètres;
e, *e*, autres divisions de la règle pour servir à régler l'espacement des courbes de niveau.

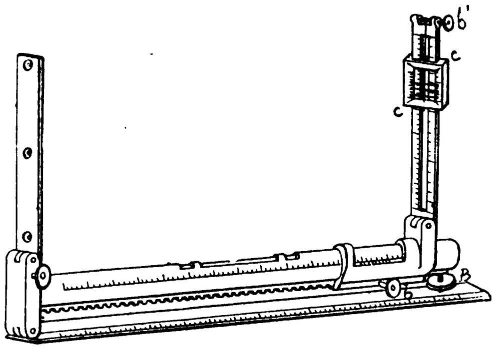
On remarquera notamment les petits leviers de calage qui permettent, dans le nivellement, de s'affranchir d'un défaut d'horizontalité de la planchette.

(¹) Cette alidade peut aussi être employée seule comme niveau de pente: elle est alors montée sur une règle en cuivre munie d'une vis de réglage et d'une douille qui peut s'engager sur un pied à trois branches.

L'*alidade autoréductrice* du colonel Peigné jouit de propriétés encore plus étendues, car elle peut, le cas échéant, devenir stadimétrique, c'est-à-dire servir à la mesure directe des distances, à la condition de lui adjoindre une stadia à deux voyants fixes ([1]).

La *fig.* 103 qui représente cette alidade montre que le tube du niveau est séparé de la règle à l'une des extrémités de

Fig. 103.



Alidade autoréductrice du colonel Peigné.

laquelle se trouve une vis de correction B, qui joue le même rôle que les leviers de calage dans l'alidade de Goulier.

Mais, ce qui distingue essentiellement cet instrument de tous ceux du même genre, c'est la variabilité de la distance des deux pinnules et l'emploi d'un cadre indicateur *cc* mobile le long de la pinnule objective. Celle-ci est, à cet effet, montée sur un tube de métal ajusté sur celui du niveau et pouvant se rapprocher ou s'éloigner de la pinnule oculaire par le jeu d'une crémaillère attachée au-dessous du tube de niveau et d'un pignon muni d'un bouton de manœuvre *b*. Le tube du

([1]) Le colonel Peigné considère que les instruments dont nous nous occupons dans ce paragraphe, en y joignant la mire à deux voyants, répondent à tous les besoins de la Topographie régulière et à ceux des reconnaissances, depuis l'échelle de $\frac{1}{1000}$ jusqu'à l'échelle de $\frac{1}{40000}$. *Voyez* la brochure intitulée *La Topographie automatique*, publication de la Réunion des officiers (Paris, librairie Ch. Delagrave; 1881).

niveau est en outre divisé en millimètres à partir de la pinnule oculaire où est le zéro de cette division.

Les deux côtés de la fenêtre de la pinnule objective portent des divisions distinctes; celles du côté droit de la figure sont de $\frac{1}{3}$ de centimètre et chiffrées de 15 à 75, et celles du côté gauche sont moitié moindres et chiffrées de 75 à 150. Les zéros de chacune de ces échelles correspondent horizontalement à l'œilleton moyen de la pinnule oculaire et les graduations croissent dans les deux sens.

Le cadre indicateur est suspendu à un fil vertical qui s'enroule en haut de la pinnule, sur un petit treuil manœuvré par un bouton b', le poids du cadre tend toujours ce fil sans le faire rétrograder; sur les bords verticaux du cadre, taillés en biseaux, sont tracés des verniers au $\frac{1}{10}$ des divisions correspondantes de celles de la pinnule sur chaque côté. Ce même cadre porte trois fils mesureurs horizontaux (destinés à jouer le même rôle que le micromètre oculaire dans une lunette); le plus bas est au niveau du zéro des verniers, celui du milieu à $0^{cm},5$, et le supérieur à 1^{cm} au-dessus du premier. Le fil vertical de suspension qui occupe le milieu de la fenêtre de la pinnule objective et l'un des œilletons de la pinnule oculaire (celui du milieu, en général, et l'un des deux autres dans le cas des grandes inclinaisons vers le haut ou vers le bas) déterminent le plan de visée, et les fils horizontaux doivent être projetés sur les lignes de foi des deux voyants de la stadia dont l'intervalle constant est de 3^{m}.

Il est aisé, après cette description, de comprendre comment on peut, au moyen de l'alidade du colonel Peigné, déterminer à la fois et pour ainsi dire automatiquement, selon l'expression de l'auteur, ou, plus exactement, par autoréduction, la distance d'un point et sa différence de niveau avec la station.

On conçoit, en effet, qu'en faisant avancer ou reculer la pinnule objective jusqu'à ce que, selon l'éloignement du point considéré et en se servant de l'œilleton convenable, les fils extrêmes ou les deux fils inférieurs se projettent sur les lignes de foi des voyants, la distance horizontale et la différence de niveau cherchées peuvent se lire immédiatement sur les graduations de l'instrument.

XXXVIII. — *Levers de reconnaissances et d'itinéraires.*

La boussole redevient l'instrument le plus avantageux. — Quoique la planchette, par la facilité avec laquelle elle se prête à la méthode des intersections, à celle des relèvements et à celle des recoupements, convienne particulièrement aux levers expédiés, on peut, dans bien des circonstances, recourir à la boussole pour la remplacer, en suivant à peu près la même marche et en profitant de ce que la boussole, à son tour, se prête mieux que la planchette à la méthode des cheminements. On obtient encore ainsi de bons résultats si l'on n'opère pas à de trop grandes échelles et que les points à déterminer ne soient pas trop éloignés des stations.

La différence essentielle entre la boussole et la planchette, au point de vue de la précision, tient, en effet, à ce que l'aiguille de la première, indépendamment de sa mobilité qui est déjà une cause d'incertitude, est généralement beaucoup plus courte que la règle de l'alidade de la seconde ([1]). D'où il résulte que, pour éviter les erreurs, les distances maxima mesurées et réduites, les autres conditions restant les mêmes, doivent être plus courtes quand on se sert de la boussole.

Les reconnaissances topographiques et surtout les levers d'itinéraires s'exécutent généralement à des échelles moindres que celles des levers expédiés et demandent à être exécutés encore plus rapidement, si bien qu'il est souvent impossible de procéder à des opérations fondamentales pour assurer l'exactitude de l'ensemble. C'est même cette absence d'un canevas général précédant le lever des détails qui caractérise, à proprement parler, une reconnaissance. Néanmoins, quand on opère dans un pays dont on possède une carte à petite

---

([1]) C'est pour parer à cet inconvénient que les aiguilles des déclinatoires ordinaires sont plus longues que celles des boussoles à limbes complets et que les précautions dont nous avons parlé à propos des déclinatoires des tachéomètres ont été prises, et c'est aussi pour cela que certains explorateurs ont fait construire des boussoles de grandes dimensions.

échelle, on peut amplifier la partie de cette carte qui correspond au terrain à reconnaître et se procurer ainsi des points qui remplacent le canevas et auxquels on rattache les détails que l'on observe. Mais cette ressource pouvant manquer, on doit toujours être en état de s'en passer, et la méthode qui se présente naturellement est celle des cheminements, que l'on puisse ou non parcourir le terrain en tous sens (1).

On procède alors immédiatement au tracé, sur une petite planchette, une feuille de carton portée par une bretelle ou même sur un carnet assez grand que l'on oriente à l'aide d'une boussole de poche, des distances que l'on mesure au pas et l'on détermine ainsi les côtés et les angles d'une sorte de canevas polygonal, avec ou sans fermeture, auquel on rapporte les détails observés, chemin faisant, et ceux dont on évalue les distances par intersections en stationnant aux sommets du polygone ou, plus exactement, du cheminement et en visant de deux stations au moins quelques points bien reconnaissables. On est même assez souvent obligé de se contenter d'une seule visée, et il faut alors *estimer la distance, la forme et les dimensions* d'objets que l'on n'a pas le temps d'aller reconnaître de plus près, tels que maisons isolées ou groupées, massifs d'arbres, accidents de terrain, buttes, monticules, étangs, marais, etc., quelquefois même les routes, les chemins, les cours d'eau dont on n'aperçoit que des tronçons, mais qu'il peut être intéressant de signaler.

Les petites boussoles employées dans les reconnaissances sont le plus souvent munies de clisimètres pour la mesure des pentes, formés, en général, d'un perpendicule qui se meut le long des divisions du limbe de la boussole ramené dans le

(1) Les circonstances dans lesquelles s'effectuent les reconnaissances sont très variées et ceux qui en sont chargés doivent s'être exercés à l'avance et avoir acquis le tact nécessaire pour bien s'acquitter de missions souvent délicates qui demandent un coup d'œil sûr et une grande présence d'esprit. L'Auteur en parle avec connaissance de cause, car, après avoir exécuté des travaux topographiques réguliers et très détaillés à de grandes échelles avec tout le soin qu'ils exigent et toutes les ressources nécessaires, il a eu aussi à faire d'assez nombreuses reconnaissances dans des conditions bien différentes, et c'est même ce qui l'a conduit à chercher des méthodes à la fois rigoureuses et aussi expéditives que possible.

plan vertical du point visé. Le même instrument suffit donc alors pour la planimétrie et pour un nivellement plus ou moins approximatif. On se sert cependant aussi, dans certaines circonstances, de clisimètres séparés ou de petits niveaux assez sensibles, tenus à la main et à la hauteur de l'œil.

Il serait à peu près impossible de décrire les variétés innombrables de ces instruments, et nous nous bornerons à en indiquer ici quelques-uns des plus indispensables pour exécuter les levers de reconnaissances en renvoyant au dernier paragraphe de ce Chapitre plusieurs de ceux qui sont également en faveur aujourd'hui parmi les officiers, les ingénieurs et les explorateurs, tant en France qu'à l'étranger.

Boussoles de poche. — Nous avons déjà donné (§ VI) la figure de l'une de ces boussoles très anciennement en usage, remarquable par l'élégance de sa construction et associée à un cadran solaire à style réglable qu'elle servait à orienter. Les voyageurs la consultaient aussi pour s'orienter eux-mêmes autant que pour déterminer l'heure locale.

Dans les boussoles de poche les plus récentes, il y a lieu de distinguer deux dispositions de l'aiguille aimantée et du limbe sur lequel on fait la lecture de l'orientation de la ligne de visée. La première et la plus fréquente est celle qui est adoptée à peu près exclusivement dans les autres instruments de Topographie que nous avons étudiés, où l'aiguille est indépendante, le limbe qu'elle parcourt étant fixé à la boîte de l'instrument. Dans la seconde, l'aiguille porte le limbe divisé comme la rose des vents des boussoles marines, ou sous la forme d'une couronne également entraînée par le mouvement de l'aiguille ou d'un petit barreau aimanté. La lecture de l'orientation se fait alors latéralement par une ouverture qui correspond à la ligne de visée.

A. Boussoles a limbe entrainé par l'aiguille. *Boussole à prisme.* — Cette dernière disposition est assez généralement adoptée dans les pays du nord de l'Europe et notamment en Angleterre, dans les boussoles de poche désignées sous le nom de *boussole à prisme* (*prismatic compass*) (*fig.* 104), à

cause du prisme à réflexion totale qui sert à lire, à l'aide d'une loupe portée par la monture, la graduation du limbe mobile en même temps que l'on voit le point à relever à travers la pinnule opposée.

La boussole à prisme, d'ailleurs, n'est pas seulement employée comme instrument de poche et dans les reconnais-

Fig. 104.



Boussole à prisme.

sances rapides. On en construit d'assez grandes, munies d'un genou à rotule que l'on monte sur un trépied simple, sans vis calantes. Sous cette forme, il a beaucoup servi aux officiers attachés à la construction des Cartes de l'*Ordnance Survey*, pour le lever des détails, aussi bien que réduit dans ses dimensions, et tenu à la main il sert habituellement dans les reconnaissances (¹).

(¹) On a vu dans les dépositions de l'enquête sur la planchette que, même pour le lever des détails, on avait, en Angleterre, fait un usage constant du théodolite et de la chaîne et que, dans l'Inde, depuis un siècle, on se servait couramment de la planchette simple. Il semblerait, d'après cela, que la boussole ait été négligée chez nos voisins. Cependant, indépendamment de la boussole de mines à alidade centrale dont il a été question un peu plus haut, les ingénieurs et les constructeurs anglais se sont occupés depuis longtemps du perfectionnement de la boussole topographique, comme on peut s'en assurer en consultant l'Ouvrage souvent cité de George Adams : *Geometrical and graphical Essays*, etc., pages 206 à 213, et figures de la planche XV. On y remarque encore la disposition presque générale de l'ali-

La méthode générale est toujours celle des cheminements, mais on emploie encore accessoirement celles des intersections, des relèvements et des recoupements.

Rapporteur rectangulaire. — A l'occasion de la boussole à prisme, nous mentionnerons aussi le rapporteur rectangulaire, également employé par les opérateurs anglais dans le cabinet ou même sur le terrain. Dans ce dernier cas, les angles et les distances mesurées au pas sont rapportés immédiatement sur des feuilles de papier de $0^m,25$ à $0^m,30$ de côté, posées successivement sur une tablette ou une feuille de carton, ou bien sur un *block-notes* de pareilles dimensions.

Les feuilles de papier portent une série de lignes parallèles très fines qui peuvent ou même qui doivent être *irrégulièrement espacées* à des intervalles variant de 5^{mm} à 10^{mm} (1). Ces lignes représentent des directions perpendiculaires à celle du méridien magnétique, de l'Ouest à l'Est par conséquent.

Le rapporteur est un rectangle d'ivoire ou de métal de $0^m,16$ et $0^m,05$ de côtés environ, dont l'un des longs côtés est une

---

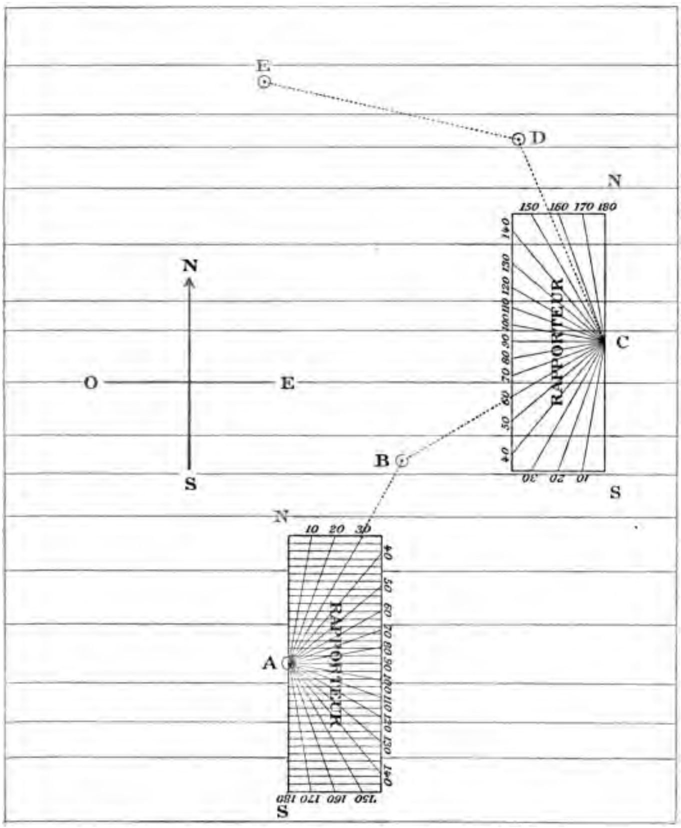
dade centrale à deux pinnules et aussi une boussole carrée avec alidade sur l'un des côtés de la boîte. Mais vers la même époque, ou même un peu antérieurement à la fin du siècle dernier, le célèbre capitaine Kater imaginait l'instrument qui porte son nom et qui n'est autre que le *prismatic compass,* à cela près qu'au lieu d'un prisme à réflexion totale, Kater employait un miroir plan argenté incliné à 45°. *Voyez,* au besoin, dans le *Traité complet du Magnétisme,* par M. Becquerel (Paris, Firmin-Didot, 1846), le Paragraphe IV du Chapitre II, intitulé *Boussole du capitaine Kater pour relever la position d'un point éloigné,* et la figure correspondante. On sait, en effet, que le capitaine Kater, avant de se faire connaître par ses études sur les télescopes et surtout par ses belles recherches sur le pendule, avait exécuté aux Indes de nombreux travaux trigonométriques et topographiques. La popularité actuelle de la boussole à prisme dans l'armée anglaise et dans les services publics en général est constatée dans de nombreuses publications telles que : *A Treatise on military Surveying,* etc., by lieutenant-colonel Basil Jackson, etc. (London, W.-H Allen and C°, 1853); *A Treatise on mathematical instruments,* etc., by J.-F. Heather, M. A.; *A rudimentary Treatise on hand and engineering Surveying,* by T. Baker, C. E. (London, Crosby Lockwood and Son, 1897); le Catalogue illustré des frères Elliott, de Londres, 1898, etc.

(1) Les détails que nous donnons ici sont empruntés à l'Ouvrage cité plus haut du colonel Jackson, professeur de Topographie au Collège militaire de la Compagnie des Indes, à Addiscombe. Quelques-unes des dispositions indiquées paraissent lui être dues et, dans ce cas, lui font sûrement honneur, car elles sont très ingénieuses et dignes d'être signalées.

échelle de parties égales, les trois autres portant la division angulaire.

Dans les boussoles dont nous nous occupons, la graduation du limbe, inscrite de part et d'autre du diamètre, correspon-

Fig. 105.



Rapporteur anglais.

dant à la position de l'aiguille ou du barreau aimanté, c'est-à-dire au méridien magnétique, va de 0° à 180° du Nord au Sud en passant par l'Est, et du Sud au Nord en passant par l'Ouest. Lors donc que l'on observe une direction, il y a lieu,

après le nombre de degrés et de minutes, d'ajouter l'indication E ou O.

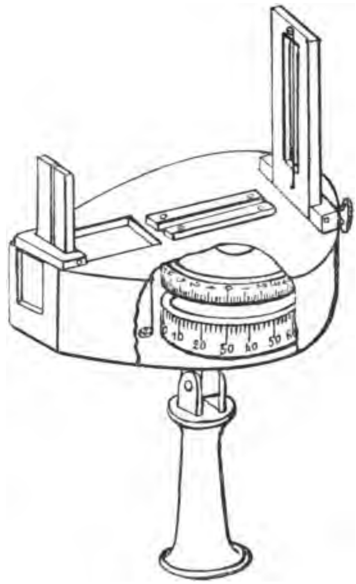
La figure ci-dessus (*fig.* 105), qui représente le rapporteur dans deux positions correspondant à des lectures de 29°E et de 155°30′O, nous dispensera d'entrer dans d'autres explications. On remarquera seulement d'une part la série des lignes inégalement espacées de la feuille de dessin et de l'autre celle des parallèles aux petits côtés du rapporteur menées par les divisions de l'échelle des parties égales et par conséquent équidistantes, qui servent, par la coïncidence de leurs directions avec celles des lignes de la feuille de dessin, à assurer la perpendicularité des grands côtés du rapporteur qui doivent prendre la direction du méridien magnétique.

Clinomètre ou clisimètre. — Comme la boussole à prisme ne comporte pas d'organe propre à évaluer les angles de pente, on lui adjoint un clisimètre, improvisé au besoin, qui n'est autre chose que l'antique *quarré géométrique*, composé d'un morceau de carton sur lequel est tracé un quart de cercle de $0^m,08$ à $0^m,10$ de rayon divisé en degrés, avec un petit fil à plomb attaché au centre. Les rayons qui forment le cadran sont parallèles à deux des côtés du carré et, pour pointer sur un objet éloigné et mesurer la pente de la ligne de visée, on se sert de deux courtes aiguilles ou de petites pinnules en carton, fixées aux extrémités et près du bord supérieur du carré dont le plan est rendu vertical et sur lequel bat le fil à plomb dont le passage sur le quadrant divisé indique la pente cherchée.

Boussole de Burnier (*fig.* 106). — Cet instrument imaginé, il y a une cinquantaine d'années, par le colonel du génie Burnier, de l'armée fédérale suisse, est tout à fait analogue au précédent et s'emploie de même, fixé sur un trépied, à la main et même à cheval. L'aiguille ou le barreau aimanté, au lieu d'un disque, porte une couronne dont les divisions n'ont pas besoin d'être redressées en passant devant la loupe d'observation, ce qui a permis de supprimer le prisme. La garniture de laiton qui enveloppe l'organe magnétique a seulement une ouverture

fermée par une lame de verre pour éclairer les divisions de la couronne qui passent devant la loupe. Pour mesurer les pentes dans des conditions semblables, le colonel Goulier a ajouté à la boussole Burnier une autre couronne divisée en degrés

Fig. 106.



Boussole de Burnier.

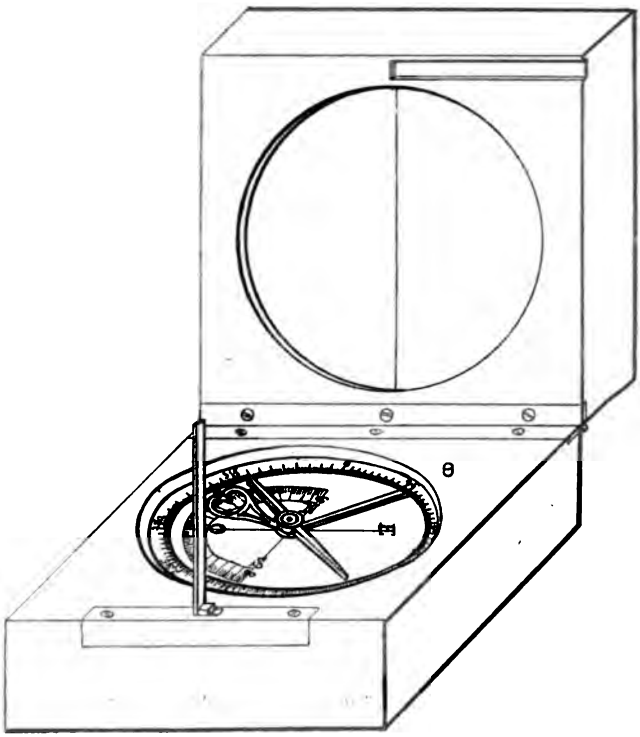
de part et d'autre d'un zéro qui vient se présenter devant la loupe quand, la boîte de l'instrument étant renversée dans un plan vertical, la ligne de visée est rendue horizontale. On comprend aisément que ce résultat est obtenu au moyen d'un excès de poids donné à la partie de la couronne correspondant à 90°.

B. Boussoles ordinaires a aiguille indépendante. — Parmi les boussoles de poche à aiguille libre, c'est-à-dire à limbe fixe, qui ont été employées dans les reconnaissances par les officiers français et par les ingénieurs, nous signalerons celles du colo-

nel Hossard, du colonel Leblanc, du colonel Peigné et du commandant Delcroix.

La *boussole du colonel Hossard* (*fig.* 107) est une boussole à boîte carrée de $0^m,08$ de côté, dont le couvercle porte à

Fig. 107.



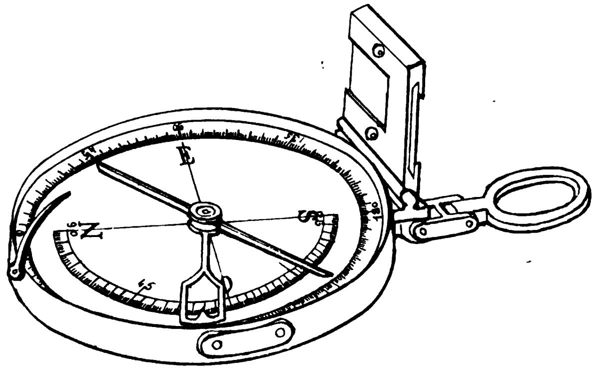
Boussole du colonel Hossard.

l'intérieur une glace étamée de mêmes dimensions que celle qui recouvre l'aiguille et le limbe. Un diamètre perpendiculaire à la charnière est gravé sur cette glace et correspond à une tige plate de laiton que l'on relève du côté opposé de la boîte et dont l'image, projetée sur le diamètre gravé, détermine le plan de visée. Selon les circonstances, l'observateur peut tenir la boîte

de la boussole, le miroir en face et la tige ou pinnule près de l'œil, ou bien, inversement, le miroir du côté de l'œil et plus ou moins incliné, de façon à y voir la pinnule par réflexion et projetée sur l'image du point considéré. Sur le fond de la boîte, au-dessous du limbe parcouru par l'aiguille, se trouve une seconde graduation croissant de part et d'autre d'un zéro sur lequel, lorsque le plan de visée est rendu vertical, tombe la pointe d'un perpendicule dont le point de suspension est sur l'axe de rotation de l'aiguille. L'instrument peut donc servir aussi à la mesure des pentes.

La *boussole du colonel Leblanc* (*fig.* 108) est du genre de celles dites *boussoles de géologue*, à boîte ronde en laiton

Fig. 108.



Boussole du colonel Leblanc.

avec un anneau de suspension à articulations doubles et très libres. Un renflement latéral ayant un élément rectiligne parallèle à la ligne N.-S., ou 0°-180° du limbe, permet d'orienter sur une tablette et par un point déterminé une règle, le long du bord de laquelle on peut tracer la direction correspondante. En un mot, on se retrouve ainsi dans les conditions de la boussole carrée et le limbe peut servir de rapporteur.

Comme dans l'instrument précédent, un perpendicule suspendu à l'axe de l'aiguille et une graduation spéciale servent à

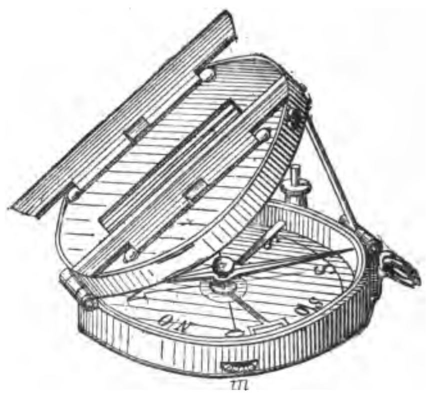
mesurer les pentes quand on tient la boussole par son anneau et dans le plan vertical de l'objet considéré.

Une petite tige de laiton, légèrement recourbée pour épouser la forme circulaire de la boîte et terminée en pointe, et une plaque, également de laiton, portant deux œilletons que l'on rabat sur le verre de la boîte au repos, peuvent se redresser de façon à former une alidade dont le diamètre N.-S. du limbe est la base. La même plaque de laiton sert de garniture à un miroir plan que l'on peut utiliser comme niveau à main, d'après le principe du niveau Burel dont il sera question ci-après.

L'usage des boussoles Hossard et Leblanc est des plus faciles à saisir, et nous pouvons ajouter, d'après notre propre expérience, que la simplicité de leur construction ne les empêche pas de rendre d'excellents services.

Le colonel Peigné a fait construire deux modèles de l'instrument qu'il a désigné sous le nom de ***boussole alidade,*** l'un de forme carrée, en bois; l'autre de forme circulaire, en

Fig. 109.

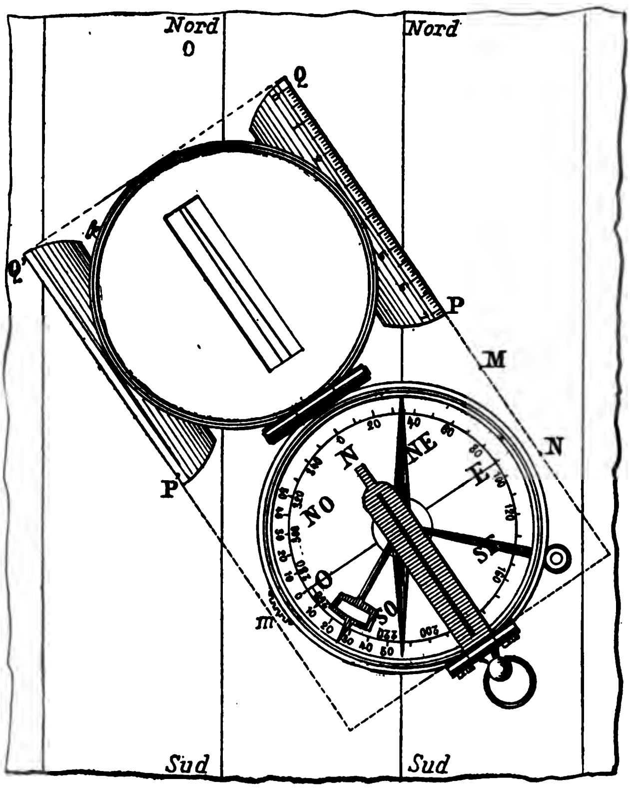


Boussole alidade Peigné.

métal. Les propriétés de ces deux instruments étant d'ailleurs les mêmes, nous nous bornerons à décrire le second, auquel l'auteur donne la préférence, surtout dans les pays chauds et humides, comme le sont beaucoup de nos colonies.

La *fig.* 109 représente la boussole alidade circulaire préparée pour observer. Le couvercle, formé d'une glace étamée sertie de laiton, au milieu de laquelle est pratiquée une fenêtre allongée dans la direction perpendiculaire à la charnière, est

Fig. 110.



Boussole alidade rabattue.

incliné à 45° sur le plan du limbe et maintenu dans cette position par une tige également à charnière du côté de l'anneau avec une fente servant de pinnule oculaire.

La visée se fait en plaçant l'œil très près de cette pinnule et en regardant l'objet à travers la fenêtre du couvercle, le long de laquelle sont tendus deux fils qui convergent vers le haut

en se rapprochant de l'œil, ce qui les fait paraître parallèles par un effet de perspective. L'objet visé étant maintenu entre les deux fils, l'opérateur voit par réflexion, dans la glace, les oscillations de l'aiguille, les amortit d'abord et les arrête définitivement, en posant légèrement le doigt sur une touche qui traverse un bouton placé à droite de l'anneau, puis en tournant ce bouton, lequel correspond à un levier qui soulève l'aiguille au-dessus de son axe de rotation et l'immobilise.

Les deux petits volets que l'on voit déjà sur la *fig.* 109 se rabattent à droite et à gauche du couvercle que l'on rabat lui-même, après avoir posé la boussole sur la planchette ou le carton à bretelles qui sert à dessiner le plan. Des lignes fixes parallèles et équidistantes représentant des parallèles au méridien magnétique, sont tracées sur la feuille de dessin et servent à guider l'opérateur qui, en y posant la boussole, fait coïncider la direction de l'aiguille avec celle de l'une de ces lignes, pour rapporter l'angle *sans avoir besoin de le lire*. Le rebord PQ de l'un des volets, divisé en millimètres, sert de règle et d'échelle et doit passer par le point qui représente la station.

La boussole alidade, sans être beaucoup plus compliquée que les instruments précédents, réunit, comme on le voit, la plupart de leurs propriétés. Pour le nivellement, on emploie de même un petit perpendicule qui oscille autour de l'axe de l'aiguille aimantée.

Le calcul des différences de niveau s'effectue rapidement à l'aide d'un petit abaque appliqué sur le fond extérieur de la boîte.

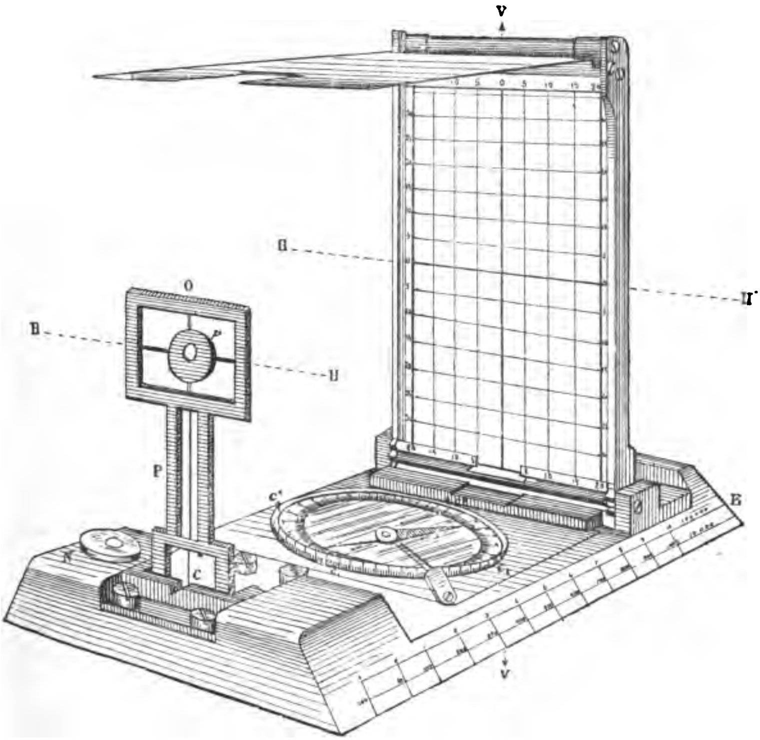
Nous pourrions encore signaler un organe, destiné à la mesure des distances sur les cartes, désigné sous le nom de *curvimètre*, logé en *m* (*fig.* 109 et 110), dans l'épaisseur de la boîte et dont le principe bien connu est si simple qu'il ne nous semble pas nécessaire d'y insister.

La boussole alidade a été très avantageusement employée par le colonel Peigné lui-même et par les élèves qu'il a formés à l'École de Saint-Cyr, pour lever des Cartes de la Tunisie et du Tonkin.

La *boussole rapporteur* et la *règle topographique* du commandant Delcroix composent un instrument dont la vue perspective (*fig.* 111) nous permettra d'abréger la description.

On voit tout d'abord que la boussole, qui peut d'ailleurs être

Fig. 111.



Boussole rapporteur et règle topographique du commandant Delcroix.

employée isolément, est encastrée dans une assez large règle de buis ou d'aluminium avec biseaux divisés sur ses côtés, et l'on conçoit aisément qu'elle peut servir à rapporter les angles observés en suivant la même marche qu'avec la boussole alidade ou la boussole de mines. Pour faciliter la coïncidence de la ligne N.-S. de la boussole et des parallèles à la méridienne

tracées sur la feuille de dessin, l'aiguille aimantée est maintenue entre deux glaces transparentes.

L'instrument peut être posé sur une planchette ou sur tout support solide, et alors on le cale au moyen d'un petit niveau sphérique, ou bien tenu à la main, même à cheval. Il y a plusieurs manières de viser selon les circonstances, et les deux pièces faisant fonctions de pinnules présentent des particularités, dont il est d'ailleurs facile de se rendre compte; la pinnule oculaire, d'une part, avec un *cran de mire* inférieur et un œilleton supérieur spécial et, à 100^{mm} ou à 150^{mm} de l'œilleton, de l'autre côté de la boussole, le cadre vertical d'un miroir translucide de verre platiné quadrillé en centièmes de la distance adoptée (sur la figure les lignes du quadrillage sont tracées seulement de cinq en cinq), avec deux axes rectangulaires plus apparents, dont le point d'intersection se trouve au pied de la perpendiculaire menée du centre de l'œilleton sur le plan du miroir. Un écran, formé d'une feuille mince de laiton noirci relevée horizontalement au haut du cadre du miroir, arrête les rayons lumineux nuisibles aux observations et sert d'ailleurs à protéger la glace quand on la rabat sur la règle pour le transport. La pinnule oculaire est également à charnière et se replie sur la règle, de telle sorte que l'instrument refermé a les dimensions d'un carnet de poche.

Avec l'appareil disposé comme sur la figure et calé horizontalement en face du terrain à étudier, après avoir observé l'orientation de la ligne médiane de la règle, on peut déterminer les directions et les hauteurs apparentes de tous les points de ce terrain compris dans le champ de la glace translucide, à l'aide des lignes du quadrillage. On se procure donc ainsi les éléments du tracé des directions et ceux du calcul des différences de niveau, quand les distances des points considérés ont été obtenues. On peut aussi se servir du réseau de ce quadrillage pour prendre des croquis de vues dessinées sur un papier quadrillé lui-même, mais à une échelle plus grande, et les étendre à droite et à gauche en manœuvrant convenablement l'appareil qui devient ainsi un perspectographe. Nous n'insisterons pas sur cette propriété, dont il est facile de prévoir les conséquences. Le lecteur les trouverait dé-

taillées dans la Notice publiée par l'auteur, qui transforme, en effet, son instrument en goniomètre, en stadimètre, en télémètre, etc. (¹).

Signalons encore, toutefois, au sujet de l'instrument installé sur un support fixe, le moyen de vérifier la verticalité du plan du tableau, qui consiste en ce qu'en regardant à travers l'œilleton la position du centre de l'image de cet œilleton lui-même dans le miroir doit coïncider avec le point principal du tableau, à l'intersection de la verticale v et de l'horizontale HH′ (*fig.* 111).

Quand on tient l'instrument à la main pour effectuer les mesures ordinaires, on peut encore se servir de l'œilleton et des deux axes rectangulaires et l'on immobilise l'aiguille dont on suit les oscillations comme avec les autres boussoles. C'est ce que l'auteur appelle la *visée normale*. La *visée expédiée*, qui doit être plus rapide que la précédente, s'opère à l'aide du cran de mire du bas de la pinnule oculaire et d'un guidon faisant saillie à l'autre extrémité de la ligne médiane de la règle, derrière le cadre du miroir qui laisse, à cet effet, un jour à sa partie inférieure. Le miroir incliné à 45° et arrêté par des butoirs donne une image de l'aiguille dont on peut suivre les oscillations et obtenir l'immobilisation comme dans la boussole Peigné. Enfin, à cheval, on opère la *visée rapide par réflexion*, comme avec la boussole Hossard, en tournant le miroir du côté du point à relever et en l'inclinant plus ou moins, de façon à amener l'image de ce point en coïncidence avec l'intersection des deux axes de la glace, en même temps que celle d'un fil de laiton noirci, tendu au milieu de la pinnule oculaire avec l'axe situé dans le plan vertical. Comme l'instrument est alors pointé à rebours (de même qu'avec la boussole Hossard), la lecture de l'angle devrait être corrigée de 180° ou de 200^{GR}; mais, avec la construction actuelle, il est plus simple de retourner la boussole elle-même de cette quan-

(¹) *Notice sur la boussole rapporteur et directrice et la règle topographique de campagne*, par le capitaine DELCROIX, ancien professeur à l'École spéciale militaire (Paris, Henri Charles-Lavauzelle; 1894).

tité dans sa monture. On conçoit qu'il faille assez d'habitude pour utiliser ainsi le miroir platiné qui donne des images souvent très pâles.

La boussole rapporteur et la règle topographique du commandant Delcroix n'ont pas moins été employées avec succès par leur auteur et par ses élèves de l'École de Saint-Cyr et de l'École coloniale à des levers de reconnaissances et d'itinéraires.

(*A suivre.*)

RECHERCHES

SUR LES INSTRUMENTS, LES MÉTHODES ET LE DESSIN TOPOGRAPHIQUES,

Par le Colonel A. LAUSSEDAT.

APERÇU HISTORIQUE SUR LES INSTRUMENTS ET LES MÉTHODES.

COMPLÉMENT DU CHAPITRE I.

OBSERVATION PRÉLIMINAIRE. — L'objet essentiel des recherches que nous avons entreprises était, nous l'avons souvent répété, de remonter à l'origine des instruments fondamentaux et des méthodes de la Topographie proprement dite et d'en étudier les progrès jusqu'à l'époque actuelle. Cela explique pourquoi nous ne nous sommes pas occupé de l'histoire d'un grand nombre d'appareils intéressants qui ne se rapportaient pas directement à notre sujet, par exemple ceux qui servent à mesurer les grandes bases, les signaux trigonométriques, les grands théodolites répétiteurs et réitérateurs, les niveaux de haute précision et leurs mires, les télémètres, etc., les instruments de dessin et de calcul, pantographes, planimètres, etc. Nous avions même cru tout d'abord pouvoir nous dispenser (*voyez* le § XVI) d'étudier la généalogie des petits appareils employés dans les levers expéditifs et dans les reconnaissances, qui sont, en général, de simples modifications de ceux que nous avons qualifiés de fondamentaux, à

savoir la planchette, la boussole, le graphomètre et le théodolite ordinaire ou ses analogues et ses dérivés. Mais, après avoir mentionné naturellement et nécessairement la méthode si simple et si précieuse des alignements qui fut pendant longtemps à peu près exclusivement celle du Cadastre, nous devions aussi signaler les conditions particulières des levers souterrains et de ceux des pays forestiers et nous avons été amené ainsi à examiner quelques-unes des modifications qu'il avait fallu faire subir aux instruments fondamentaux et aux méthodes générales elles-mêmes pour les plier à ces conditions.

En avançant dans notre travail, nous n'avons pas tardé non plus à reconnaître qu'il n'était pas possible de négliger l'étude de ces modestes instruments portatifs qui ont rendu et rendent journellement tant de services précisément au point de vue où nous nous sommes placé nous-même, c'est-à-dire à celui des levers rapides.

Nous n'avons donc pas hésité à élargir notre programme en donnant, dans les trois derniers Paragraphes de ce Chapitre, des détails sur les planchettes légères avec alidades nivellatrices et sur les boussoles de poche.

Mais nous n'avons pas encore parlé d'une classe d'instruments également très portatifs et très utiles aux militaires, aux ingénieurs et aux topographes, qui sont, pour la plupart, fondés sur un principe commun, celui des lois de la réflexion de la lumière sur des miroirs plans, et que nous avons rejetés dans ce Chapitre supplémentaire dans lequel nous voulons insister sur deux appareils de la plus haute utilité pour les explorateurs et qui sont passés aujourd'hui entre les mains de tous ceux qui entreprennent des reconnaissances d'une certaine importance.

Ces deux instruments sont le *sextant* et le *baromètre*.

Le premier seul est un instrument à réflexion et c'est à lui que se rattache l'ensemble de ceux qui compléteront la série des petits appareils décrits dans les derniers Paragraphes du Chapitre I. Le baromètre destiné au nivellement, dont le principe est si différent, n'a été rapproché du sextant que parce que, comme lui, il convient à la fois aux marins, aux explorateurs et aux topographes.

Si nous avions pu joindre aux deux principaux instruments dont il s'agit le chronomètre et la boussole ([1]), ce Chapitre supplémentaire aurait compris tout ce qui intéresse la Navigation et la Géographie, mais nous serions sorti du cadre que nous nous étions tracé et nous avons dû nous contenter de ce qui se rapporte à la Topographie expéditive avec laquelle les explorateurs doivent d'ailleurs être familiarisés.

I. — *Instruments et Méthodes à l'usage des explorateurs et utilisables en Topographie.*

Le Sextant employé a terre. — Pendant longtemps les marins et les voyageurs scientifiques n'ont eu pour se guider que le quadrant géométrique, l'astrolabe ou l'anneau astronomique, qui n'en différait pas essentiellement, et la boussole. Les marins, pour évaluer les distances parcourues, y joignirent le loch avec le sablier et les autres les durées de marche de chaque jour, selon leur manière de voyager, à pied, à cheval, à dos de dromadaire, etc., les circonstances locales influant d'ailleurs considérablement sur la vitesse du déplacement et exigeant, par conséquent, une sorte d'étalonnage.

Les progrès de l'Astronomie et de l'horlogerie, aussi bien que ceux de la mécanique de précision en général, ont singulièrement amélioré les conditions dans lesquelles se trouvent désormais les marins et les explorateurs. Depuis la fin du siècle dernier et notamment à dater des célèbres voyages de de Humboldt, la détermination des positions géographiques à l'aide du sextant est devenue de plus en plus précise, et il en est résulté que les itinéraires journaliers, relevés par la méthode dont il vient d'être question, c'est-à-dire avec la boussole et par l'estime des distances parcourues, ont pu être raccordés entre eux, rectifiés au besoin, et fournir les éléments de la carte de pays souvent tout à fait inconnus auparavant.

([1]) La boussole marine et la boussole spécialement construite pour les explorateurs, dont les dimensions sont supérieures à celles des boussoles ordinaires des topographes.

Des Instruments qui ont précédé le Sextant a réflexion. — L'instrument qui a le plus contribué au perfectionnement de la Géographie ou plutôt de la Cartographie expéditive est donc le sextant, et le principe très simple mais très ingénieusement appliqué qui a conduit à sa découverte est précisément celui des lois de la réflexion de la lumière sur les miroirs plans.

Rappelons tout d'abord que les observations les plus fréquentes à faire à terre ou en mer sont celle de la hauteur méridienne du Soleil pour obtenir la latitude du lieu où l'on se trouve et celle de la hauteur extra-méridienne de cet astre pour déterminer l'heure de ce lieu, quand on a déjà la latitude. Avec l'astrolabe ou le quadrant, on visait à l'astre en maintenant le fil à plomb sur la division inférieure du limbe ou en se servant, au besoin, dans le cas de l'astrolabe, de deux pinnules disposées aux extrémités du diamètre horizontal de l'instrument que l'on dirigeait vers l'horizon de la mer. En tenant compte du diamètre apparent de l'astre, de l'effet de la réfraction et de la dépression de l'horizon, quel que fût l'instrument, on obtenait la hauteur cherchée ou son complément, la distance zénithale, assez péniblement en somme, à cause des mouvements inévitables du fil à plomb, de l'instrument lui-même, ou pour mieux dire de l'observateur qui le tenait à la main.

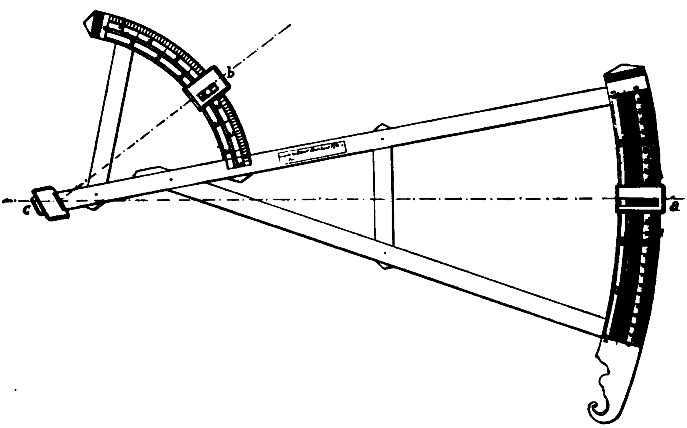
L'invention de l'arbalestrille ou bâton de Jacob avait été très précieuse pour les marins, en ce que, tout primitif que fût l'instrument, il permettait d'observer simultanément l'astre et l'horizon de la mer. Mais la visée directe du Soleil était fatigante et l'on avait cherché différents moyens de l'éviter; ainsi, avec l'astrolabe et le quadrant, on y était parvenu en projetant l'ombre de la pinnule objective sur la pinnule oculaire et l'on agissait de même avec l'anneau astronomique.

L'un des perfectionnements les plus importants date de la fin du XVIe siècle et l'instrument correspondant, désigné sous le nom de *quartier anglais*, avait été imaginé et décrit en 1594 par le célèbre marin John Davis qui le qualifiait de *Back staff*. C'est un quadrant habituellement fabriqué avec un bois dur, composé de deux secteurs de rayons inégaux, l'un double ou

même triple de l'autre (*fig.* 112) et d'amplitudes inégales, le premier avec un arc de 30° et le second de 60°, portant chacun une pinnule, *a* et *b*, coulissant sur l'arc correspondant; au centre commun des deux arcs se trouve une troisième pinnule *c* (1).

L'observateur tournant le dos au Soleil et regardant l'horizon de la mer parvenait, en manœuvrant successivement les

Fig. 112.



Quartier anglais de Davis.

deux pinnules mobiles, d'une part à projeter les rayons du soleil passant par la pinnule objective sur la fente de la pinnule fixe, et de l'autre à voir par la pinnule oculaire l'horizon de la mer à travers cette fente.

Cet instrument était assurément très ingénieux et continua pendant longtemps à être employé par les marins, mais il avait fini par n'être plus en rapport avec les progrès de l'Astronomie et de la Navigation et les esprits inventifs cherchaient partout à découvrir celui qui devait lui succéder.

Le réflexion de la lumière sur des miroirs plans avait bien

(1) La figure que nous donnons est celle d'un quartier anglais offert au Conservatoire des Arts et Métiers par M. Heilbronner, antiquaire. L'instrument est signé Robert; il est d'une date postérieure à 1740.

été déjà essayée, à des époques plus ou moins éloignées ([1]), pour faciliter les observations de la hauteur du Soleil, mais c'est seulement à la fin du XVII[e] siècle et pour mieux dire vers le milieu du XVIII[e] que l'on voit mettre à profit d'une manière tout à fait efficace la combinaison de deux miroirs plans dans le merveilleux instrument désigné d'abord sous le nom de *quadrant* ou d'*octant à réflexion* et qui est devenu le *sextant* ([2]).

On sait que le principe de cet instrument consiste en ce qu'un rayon lumineux réfléchi successivement par deux miroirs plans inclinés l'un sur l'autre est dévié, après la seconde réflexion, d'un angle double de celui des deux miroirs mesuré sur un arc de cercle dont le plan est perpendiculaire à ceux des miroirs. Il suffit donc d'un arc de 45° pour mesurer les distances angulaires jusqu'à 90°; de là même le nom d'*octant* substitué à celui de quadrant.

L'idée d'un *instrument pour prendre les angles par réflexion au moyen duquel l'œil voit en même temps les deux objets quand on fait des observations à la mer* remonte au moins à 1664. On l'a trouvée énoncée dans les œuvres posthumes de Hooke qui fit tant d'inventions utiles, mais qui est aussi connu par ses prétentions à d'autres encore plus importantes, comme l'application du pendule aux horloges et du ressort vibrant aux montres, qui appartiennent sûrement à Huygens. Son instrument à réflexion, qui comportait un seul miroir ([3]) et était inspiré du quartier anglais, n'a d'ailleurs pas été utilisé et il en a été de même de ceux de plusieurs autres savants venus après lui.

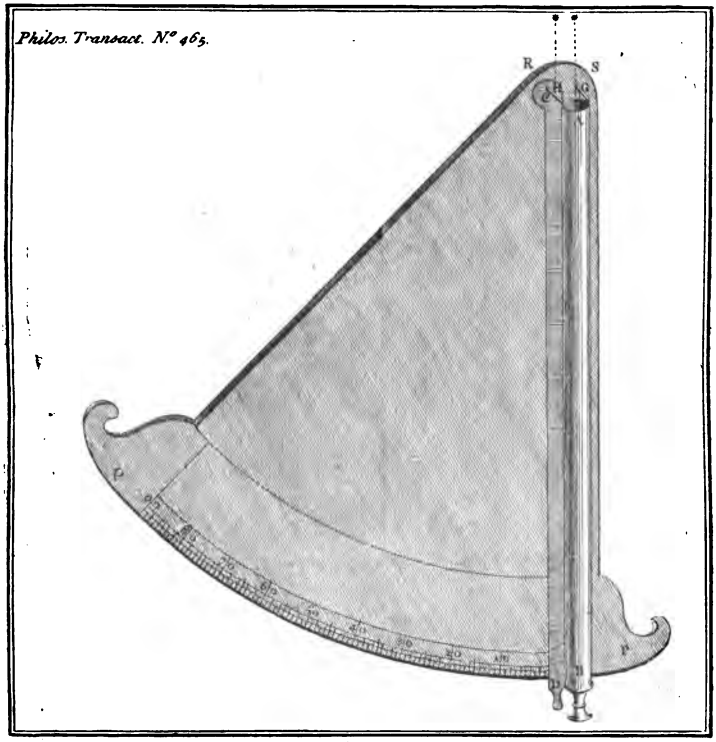
([1]) On cite, entre autres, l'*Horoscopium* de Gerbert, au X[e] siècle, et le *Mésolabe* de Jacques Besson, de Grenoble, au XVI[e]. Plusieurs savants avaient approché de la solution au XVII[e] siècle, par exemple, en France, le secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Grandjean de Fouchy (*voyez* le *Recueil des machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences*, t. VI, p. 79), et Hooke, en Angleterre, cité plus loin dans le texte.

([2]) On peut voir dans le *Traité de la construction des instruments de mathématiques*, de BION (Paris, MDCCXVI), Liv. VII, Chap. II, et plus tard encore jusque dans l'*Encyclopédie*, aux *Instruments de marine*, que le quartier anglais était alors le seul instrument en usage pour observer la hauteur des astres en mer.

([3]) L'arc de cercle employé était déjà un octant sur lequel on aurait évalué la moitié de la hauteur du Soleil.

Octant de Newton. — En 1699, Newton donnait le premier la description et le dessin de l'octant avec la combinaison des deux miroirs dans une Note qu'il confiait à Halley et qui ne fut connue qu'après la mort de ce dernier, en 1742. Nous reproduisons ici (*fig.* 113) la figure jointe à la Note écrite de

Fig. 113.



Octant de Newton.

la main de Newton et publiée en même temps qu'elle dans les *Transactions philosophiques* pour 1742 (1).

(1) *Philosophical Transactions*, Vol. XLII, for the years 1742 and 1743. *A true copy of paper found in the Hand writing of sir Isaac Newton among the papers of the late Dr Halley, containing a description of an Instrument for observing the* MOON'S DISTANCE *from the fixt stars at sea.*

L'ensemble de l'instrument qui devait être exécuté en métal présente la forme d'un secteur PQRS et l'on voit tout d'abord que l'arc de 45° y est divisé en 90 parties comptées comme des degrés. La lunette AB est fixe le long de l'un des bords du secteur; en avant de l'objectif se trouve un miroir plan G incliné à 45° sur l'axe optique et dont la partie inférieure étamée couvre seulement la moitié de l'objectif de façon à permettre d'observer à la fois les objets situés dans la direction de la lunette et ceux qui, situés dans une autre direction et dans le plan du secteur, envoient des rayons réfléchis successivement sur les deux miroirs.

L'alidade mobile CD porte en son centre de rotation l'autre miroir plan H ou grand miroir parallèle au premier quand l'index de l'alidade correspond au zéro de la graduation de l'arc.

Il est aisé de voir, d'après cette description, que le déplacement de l'alidade pour obtenir le contact ou la superposition des images des deux objets, accusé par l'index le long de l'arc divisé, mesure l'angle cherché.

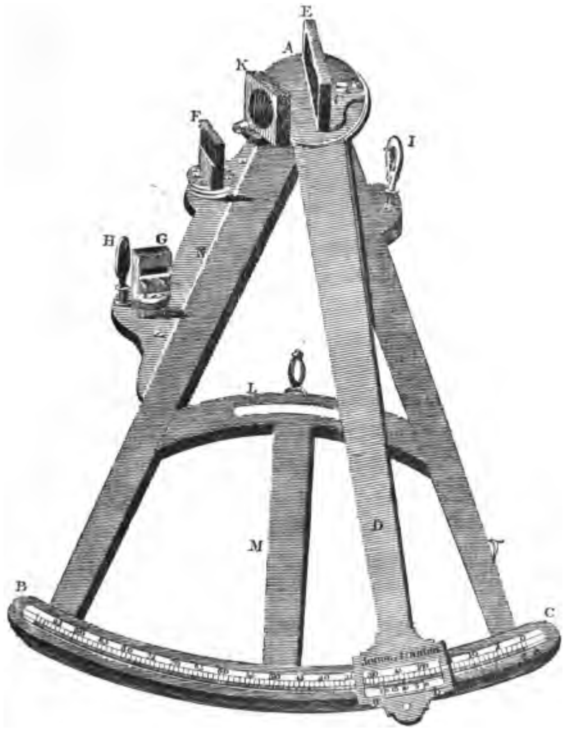
Octant de Hadley. — Un autre savant anglais, Hadley, a passé pendant longtemps pour l'inventeur de l'octant et son nom est même resté attaché indéfiniment à celui de l'instrument, car on trouve cette tradition consacrée jusque dans des Ouvrages relativement récents [1] (*Hadley's quadrant, octant, sextant*). La vérité est que Hadley avait présenté en 1731, à

---

[1] Cette tradition avait même revêtu un caractère tout à fait solennel: ainsi, dans un discours prononcé, au commencement du siècle, devant la Société Royale, un orateur d'une certaine célébrité, Sir John Pringle, après avoir attribué les progrès de la Science en général à l'auteur de toutes choses, ajoutait : « It is thus that discovery of the compass gave rise to the present art of navigation; and when this art grew of more importance to mankind, Divine Providence blessed them with the invention of *Hadley's Quadrant.* » (*Geometrical and graphical essays*, etc., by George Adams and William Jones). L'éditeur de cet Ouvrage, 4me édition, 1813, se contente, pour faire l'histoire de la découverte de l'octant, des lignes suivantes: « The first thought originated by the celebrated Dr Hooke, it was completed by sir Isaac Newton and published by Sir Hadley. » On trouve heureusement des détails beaucoup plus circonstanciés dans *History of Astronomy*, by Robert Grant, déjà cité, *Handbuch der Astronomie*, von Dr Rudolf Wolf, professor in Zurich (Zurich, 1893), et dans les documents originaux.

la Société Royale, antérieurement, par conséquent, à la découverte du manuscrit de Newton dont il n'avait pas fait mention, deux dispositions d'un instrument à réflexion, la première semblable à celle qui vient d'être indiquée d'après ce manu-

Fig. 114.



Octant de Hadley.

scrit, et la seconde qui est représentée par la *fig.* 114 empruntée à l'Ouvrage d'Adams complété par Jones (¹).

On remarquera dans cet instrument, dont le bâti ABCLM est en bois dur (la division de l'arc tracée sur ivoire incrusté ou sur

(¹) Le Conservatoire des Arts et Métiers possède un exemplaire de cet octant signé précisément d'Adams, tandis que le nom de Jones apparaît sur la figure que nous reproduisons.

une garniture de laiton et les autres parties faites de ce même métal), deux petits miroirs dont l'un F voisin du grand miroir E lui est parallèle quand le zéro du vernier de l'alidade D correspond au zéro de l'octant, et l'autre G placé un peu plus loin est dans une direction rectangulaire par rapport au premier.

La moitié inférieure du miroir F est étamée, sa moitié supérieure est transparente et permet à l'observateur de viser directement les objets éloignés en plaçant l'œil convenablement derrière l'un des deux œilletons pratiqués dans la lame I qui peut être remplacée par une lunette; l'image du second objet est amenée dans la même direction par le déplacement de l'alidade qui entraîne le grand miroir. Ce mode d'observation est celui qui a été conservé dans les instruments à réflexion généralement employés.

Le miroir G et l'œilleton H qui en est tout proche servaient à observer les angles d'objets situés de part et d'autre de la station, en avant et en arrière, comme lorsqu'on opérait avec le quartier anglais. Le miroir G était étamé à sa partie inférieure et à sa partie supérieure, mais avec un intervalle transparent qui laissait voir les objets éloignés situés en avant.

Trois verres colorés de teintes différentes représentés en K pouvaient être employés séparément pour les observations du Soleil ou de la Lune ou mis de côté quand on n'observait que des objets terrestres. Dans le cas où l'on employait l'œilleton H, le jeu de ces trois verres était transporté en N.

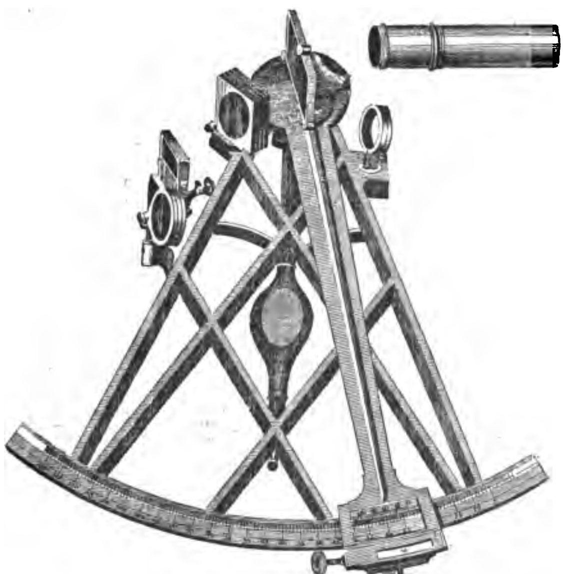
En même temps que Hadley, de 1730 à 1731, un Américain nommé Godfrey, vitrier de son état mais instruit en Mathématiques et en Astronomie, proposait pour remplacer le quartier de Davis un quadrant à réflexion à deux miroirs analogue aux précédents.

La priorité de l'invention de l'octant à deux miroirs n'appartient pas moins incontestablement à Newton, mais en s'abstenant de supposer, comme on l'a fait, que Hadley avait pu avoir connaissance de la Note de son illustre compatriote, il paraît bien avéré que la même idée est venue à peu près en même temps à plusieurs personnes; sans qu'il soit nécessaire d'ailleurs de faire intervenir la Providence, ce ne serait pas la première fois que de telles coïncidences se seraient produites,

quand un problème s'imposait pour répondre à un besoin devenu impérieux.

PERFECTIONNEMENTS DE L'OCTANT. — Différents perfectionnements furent bientôt apportés à la construction de l'octant. Ainsi, en 1757, le capitaine Campbell augmentait l'amplitude de l'arc et la portait à 60° (d'où le nom de *sextant*), afin de pouvoir mesurer les angles jusqu'à 120°. Nous donnons

Fig. 115.



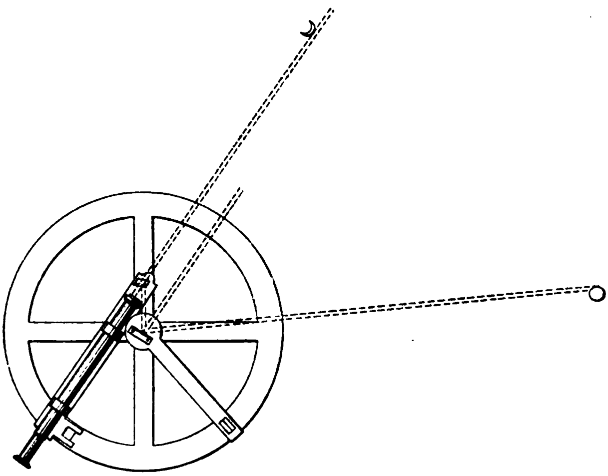
Sextant d'après Campbell par Adams.

(*fig.* 115) la figure du sextant construit par Adams, qui est le type de ceux qui ont été en usage depuis plus d'un siècle dans la marine anglaise et que les constructeurs français ont adoptés sans modifications sensibles ([1]).

([1]) Les collections du Conservatoire des Arts et Métiers contiennent des spécimens des sextants de Ramsden, de Dollond, de Gambey, etc., qui présentent la plus grande analogie dans leur construction.

En 1767, le célèbre astronome et géomètre allemand Tobie Mayer employait un cercle entier (*fig.* 116) pour éliminer les erreurs de la division par la méthode de la répétition qu'il avait inventée ([1]). Mais la position de la lunette et celle du petit miroir qu'il avait adoptées laissaient subsister plusieurs

Fig. 116.



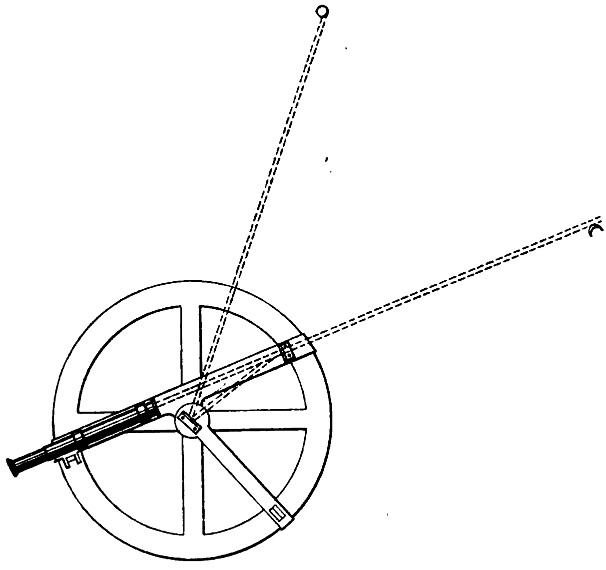
Cercle de réflexion de Tobie Mayer.

des inconvénients du sextant; on ne pouvait, par exemple, observer le second objet après la double réflexion qu'à droite de la direction donnée à la lunette pour viser le premier objet et il fallait rétablir le parallélisme des miroirs, avant de répéter l'observation.

([1]) Nous pourrions insister ici sur les procédés employés par les plus habiles artistes anglais, français et allemands pour tracer les divisions des arcs de cercle et des cercles entiers, citer, comme nous l'avons déjà fait, les noms de Bird, de Ramsden, de Lenoir, de Gambey, de Brunner et de Repsold et décrire en détail la méthode de la répétition et celle de la réitération, qui servent à éliminer les erreurs résidues, mais nous craindrions de trop nous éloigner de notre sujet et nous nous contenterons de rappeler que le principe essentiel de la machine à diviser les cercles a été indiqué par le duc de Chaulnes, à qui l'on doit également le perfectionnement de la construction du microscope et son application aux instruments d'Astronomie.

En reculant la lunette pour dégager le grand miroir et en reportant le petit miroir au voisinage du limbe (*fig.* 117), Borda dota en 1775 le cercle à réflexion de la faculté de per-

Fig. 117.



Cercle de réflexion de Borda.

mettre les *observations croisées*, c'est-à-dire d'observer le second objet après la double réflexion alternativement à droite et à gauche de la lunette dirigée sur le premier.

Ce mode d'opérer dispensait de revenir au parallélisme des miroirs et supprimait ainsi une cause d'erreur en même temps que le nombre des observations était diminué de moitié ([1]).

Nous nous sommes abstenu de mentionner les variétés

([1]) *Description et usage du cercle de réflexion avec différentes méthodes pour calculer les observations nautiques,* par le Chev. DE BORDA (3me édition, Firmin-Didot; Paris, 1810), avec Avant-propos de l'édition de 1787, devenue rare.

innombrables de formes données depuis l'origine à l'octant, au sextant et au cercle à réflexion lui-même et nous nous bornerons à citer parmi celles qui se rapportent à ce dernier instrument, qui est le plus parfait, les cercles à prismes d'Amici, de Steinheil, celui de Pistor et Martins à prisme et à miroir avec deux verniers opposés pour corriger l'erreur d'excentricité, enfin celui de Troughton qui porte jusqu'à trois verniers équidistants dans le même but.

Mais ce qui est le plus intéressant pour nous, c'est l'influence qu'a eue le cercle à réflexion de Borda, entre les mains de Beautemps-Beaupré, sur les progrès de l'Hydrographie et en particulier sur ceux de la méthode des levées à l'aide des vues de côtes, ce qui nous décide à donner encore (*fig.* 118 et 119) la figure détaillée de ce cercle d'après l'Ouvrage cité en note (1).

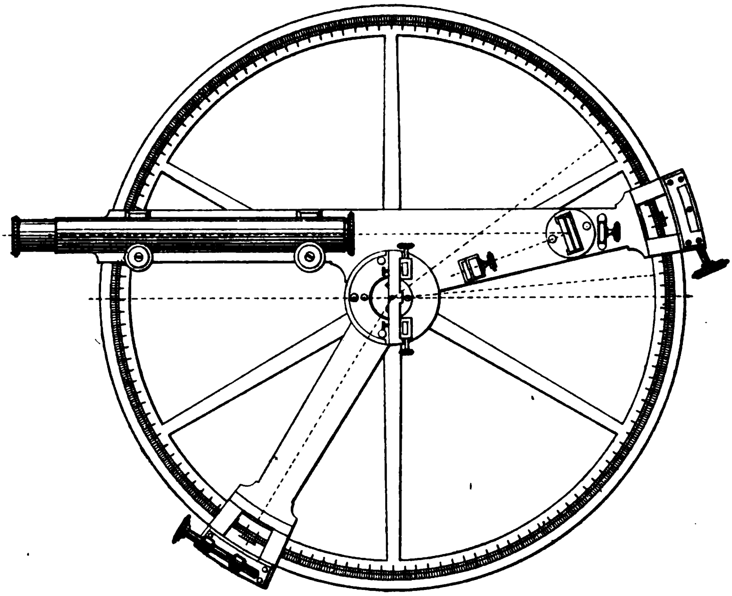
Nous aurons l'occasion de revenir par la suite et plus amplement sur les conséquences de cette application à la Topographie d'un instrument très perfectionné, destiné principalement aux observations astronomiques; nous devons d'ailleurs également constater, dès à présent, que les instruments à réflexion, du genre de ceux dont nous venons de parler, ne sont pas seulement utiles aux explorateurs pour la détermination des positions géographiques, puisqu'ils peuvent leur servir à mesurer les angles compris entre les objets terrestres, par conséquent à faire des triangulations et des relèvements, en un mot à réunir les éléments d'un lever topographique ou d'un itinéraire.

On a même construit des sextants spécialement destinés aux topographes et que leur petit volume rend très précieux dans bien des circonstances. Nous retrouverons ces derniers dans un prochain Paragraphe consacré aux instruments de poche dont la plupart sont des instruments à réflexion.

---

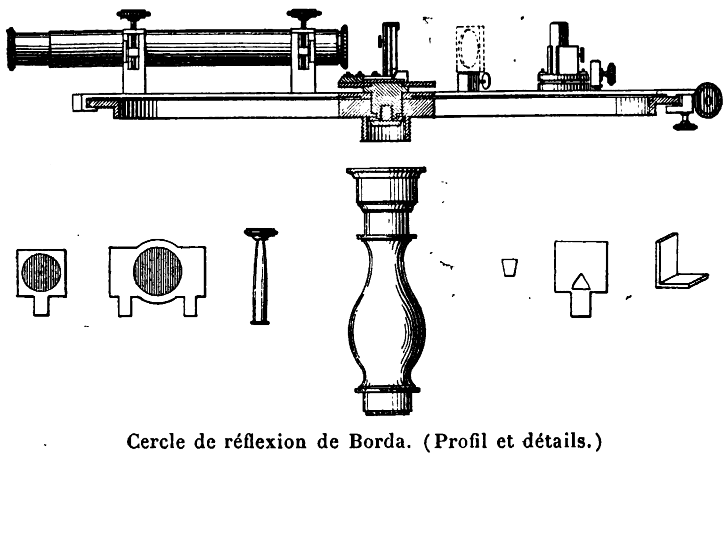
(1) *Méthodes pour la levée et la construction des cartes et plans hydrographiques,* déjà publiées en 1808 par C.-F. BEAUTEMPS-BEAUPRÉ (Paris, Imprimerie impériale, 1811).

Fig. 118.



Cercle de réflexion de Borda. (Échelle $\frac{1}{4}$.)

Fig. 119.



Cercle de réflexion de Borda. (Profil et détails.)

II. — *Instruments et Méthodes à l'usage des explorateurs et utilisables en Topographie* (suite).

Le Baromètre en général. — On sait que très peu de temps après la découverte du baromètre par Torricelli, en 1643, Pascal prévoyant que le poids de l'air devait diminuer à mesure que l'on s'élevait dans l'atmosphère avait fait faire, en septembre 1648, par son beau-frère Périer la célèbre expérience de l'abaissement successif du niveau du mercure dans l'instrument transporté de Clermont-Ferrand au Puy de Dôme.

Dès ce moment, l'idée d'appliquer l'observation de la colonne barométrique à la mesure des hauteurs était née et l'on s'efforça de découvrir la loi du décroissement de la densité de l'air depuis le niveau de la mer jusqu'aux points accessibles des plus hautes montagnes (1).

Toutefois, aussitôt après son invention, l'observation suivie du baromètre ayant appris que la *pression atmosphérique* variait incessamment et souvent d'une manière très sensible dans un même lieu, enfin que cette variation de la pression n'était pas la même pour deux lieux distants l'un de l'autre, on avait été amené à reconnaître la nécessité d'observer simultanément deux baromètres, l'un au point dont on cherchait la hauteur, et l'autre dans une localité inférieure pas trop éloignée. En partant du niveau de la mer, et en opérant de proche en proche, on pouvait, dès lors, concevoir la possibilité d'arriver à déterminer ainsi les altitudes des hautes montagnes aussi bien que celles des contrées intermédiaires.

Mais il était avant tout nécessaire, comme on vient de le faire remarquer, de savoir comment varie la densité de l'air,

---

(1) On a contesté la priorité de l'idée suggérée par Pascal, à la vérification de laquelle il attachait une si grande importance, en citant un auteur italien, Claudius Berignardi, selon lequel l'emploi du baromètre pour mesurer les hauteurs aurait été pratiqué au-delà des Alpes, avant l'expérience du Puy de Dôme. Ce qu'il y a de certain, c'est que personne ne conteste la spontanéité et la profondeur du génie de Pascal et que l'expérience de Périer a une authenticité qui semble manquer à l'assertion contraire.

à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère. En partant de la loi de Mariotte, Halley était parvenu, en 1686 ([1]), par une méthode géométrique à la fois très simple et très élégante, à la formule suivante qui donne la différence de niveau Z des deux lieux où les hauteurs barométriques H et *h* ont été observées :

$$Z = k \log \frac{H}{h}.$$

Si, à la suite d'un nivellement direct par stations successives ou par une opération trigonométrique, on connaissait la différence Z pour deux stations correspondantes, il semblait donc que l'on pourrait en conclure une fois pour toutes la valeur du coefficient constant *k*. Ce coefficient fut, en effet, ainsi déterminé, à plusieurs reprises, notamment en France par Cassini et Maraldi, et au Pérou par Bouguer; mais les résultats étaient loin d'être concordants, et cela tenait premièrement à ce que les nivellements géométriques n'étaient pas eux-mêmes toujours suffisamment exacts et surtout à ce que plusieurs éléments plus ou moins indispensables à faire entrer en ligne de compte, la température des instruments et celle de l'air, ainsi que son état hygrométrique ([2]) dans les deux stations, l'altitude de la station inférieure et la latitude moyenne

([1]) *Philosophical Transactions*, May 1686. *A Discourse of the Decrease of the Height of the Mercury in the Barometer, according as places are elevated above the surface of the Earth, with an attempt to discover the true Reason of the Rising and Falling of the Mercury, upon the change of weather*, by Edm. Halley.

([2]) En Allemagne, depuis Bessel, on a tenu à introduire dans la formule barométrique les indications de l'hygromètre, et celle qui est adoptée avec un nouveau coefficient depuis 1870 est due à Rühlmann. En France, on a continué à éviter cette complication simplement en modifiant le coefficient de dilatation de l'air. D'autres savants allemands, Lindenau, Gauss, Bauernfeind ont également traité et perfectionné les différentes questions qui se rapportent à la détermination des hauteurs au moyen du baromètre. Le lecteur qui voudrait connaître leurs travaux et même l'ensemble des recherches faites dans différents pays par les physiciens, les géomètres, les astronomes, les météorologistes, consulterait avec le plus grand intérêt l'Ouvrage de Bauernfeind intitulé : *Beobachtungen und Untersuchungen über die Genauigkeit barometrischer Höhenmessungen und die Veränderungen der Temperatur und Feuchtigkeit der Atmosphäre* (München, J.-G. Cotta; 1862).

dont dépend l'intensité de la pesanteur étaient négligés dans la formule de Halley.

Deluc, après de nombreuses expériences faites dans les Alpes, avait introduit le facteur relatif à la température de l'air dans les deux stations, qui était le plus important; enfin, un peu plus tard, Laplace abordait le problème et le traitait de la manière la plus complète. Sa formule, encore aujourd'hui la plus répandue, est la suivante (*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1898) :

$$Z = \frac{\left[18336^{m} \log \frac{H}{h} - 1^{m},2843\,(T - T')\right]\left[1 + \frac{2\,(t + t')}{1000}\right]}{\left(1 + \frac{265}{10^{5}} \cos 2L + \frac{Z + 15926}{6366198}\right)\left(1 + \frac{S}{3183099}\right)}.$$

Dans cette formule, Z étant toujours la différence de niveau ou d'altitude cherchée en mètres, H et h sont les pressions barométriques observées et exprimées en millimètres, T et T′ les températures du baromètre à mercure à la station inférieure et à la station supérieure, t et t' les deux températures de l'air aux deux stations, L la latitude moyenne ou simplement celle de la contrée où l'on opère, et S l'altitude de la station supérieure.

Nous n'avons pas à donner la démonstration de cette formule, qui se trouvait déjà dans la première édition de l'*Exposition du Système du Monde;* nous constaterons seulement avec un véritable étonnement, d'après le savant naturaliste Ramond, que Laplace l'avait vainement reproduite en 1799 dans sa seconde édition, sans que l'on eût trop songé à s'en servir lorsque, à l'occasion de l'ouverture de la route du Simplon, en 1802 ou 1803, le nivellement exécuté avec les instruments perfectionnés de Chézy ayant montré l'accord qui existait entre la hauteur du point culminant de cette route et celle que de Saussure avait trouvée au moyen du baromètre, l'attention avait été ramenée sur une méthode si précieuse, si expéditive.

Le coefficient numérique de $\log \frac{H}{h}$, dans la formule provi-

soirement établie, avait cependant besoin d'être déterminé de nouveau, et ce fut précisément Ramond qui, à la demande de Laplace, entreprit dans les Pyrénées les séries d'observations délicates qui le conduisirent à la valeur de 18393 ramenée à 18336, pour tenir compte de la diminution de l'intensité de la pesanteur dans le sens vertical et de la réduction au niveau de la mer. C'est ce dernier coefficient qui fut adopté dans le Chapitre X de la *Mécanique céleste* et qui continue, comme on vient de le voir plus haut, à être généralement employé.

On pourra se faire une idée des difficultés que présentait cette recherche, ainsi que du soin et de la sagacité admirables avec lesquels opérait Ramond, en se reportant à l'Ouvrage fondamental qui renferme ses quatre grands Mémoires lus à la *Classe des Sciences mathématiques et physiques de l'Institut de France,* de 1804 à 1809, et suivis des conseils qu'il donnait aux observateurs dans ce qu'il appelle modestement une *Instruction élémentaire et pratique* [1].

Après Deluc et même après Ramond, d'autres valeurs avaient été proposées pour le coefficient dont il s'agit [2] : par Schuckburg en Allemagne, par Trembley et le major général Roy en Angleterre, par Prony, par Biot et Arago [3], par d'Aubuisson en France. Des comparaisons de la plupart de ces coefficients, et une discussion approfondie des causes d'erreurs inévitables ont été faites par ce dernier observateur dans un travail soumis à la *Classe des Sciences mathématiques*

---

[1] *Mémoires sur la formule barométrique de la Mécanique céleste et les dispositions atmosphériques qui en modifient les propriétés, augmentés d'une instruction élémentaire et pratique destinée à servir de guide dans l'application du baromètre à la mesure des hauteurs,* par L. RAMOND (Imprimerie de Landriot, Clermont-Ferrand; 1811).

[2] Bouguer avait trouvé pour ce coefficient, dans les Cordillères du Pérou, 1000^T moins $\frac{1}{10}$; Tobie Mayer l'avait fixé à 1000^T pour l'Europe et cela simplifiait les calculs; mais l'approximation qui en résultait était insuffisante.

[3] Biot et Arago avaient déterminé directement la valeur du coefficient constant $k = 18317$ en comparant les poids spécifiques du mercure et de l'air sec à la pression $0^m,76$ et à $0°$. En partant des expériences de Regnault et en suivant la même méthode, M. Radau a été conduit à la valeur $k = 18451$.

et physiques de l'Institut en 1810. Sans entrer dans des détails qui ne seraient pas ici à leur place, nous engageons encore le lecteur à parcourir ce document [1].

---

[1] *Mémoire sur la mesure des hauteurs à l'aide du baromètre*, par M. D'AUBUISSON, ingénieur au Corps impérial des Mines, dans le *Journal de Physique*, Cahiers de juin et juillet 1810.

Les nivellements rigoureux étaient rares à l'époque où Ramond et d'Aubuisson se livraient à ces utiles et délicates recherches et, pour contrôler les résultats obtenus à l'aide du baromètre, ils avaient dû recourir à des mesures trigonométriques. Chacun de leur côté, ils avaient eu le mérite d'imaginer des méthodes qu'il convient de signaler ou de rappeler dans cette Notice, car l'une d'elles y a déjà été mentionnée précédemment.

Nous citerons tout d'abord textuellement le passage du premier Mémoire de Ramond qui contient le principe de sa méthode.

« J'ai fait, avec toute l'exactitude que comporte l'emploi de petits instruments, une suite d'opérations trigonométriques pour mesurer deux triangles de 10000^{m} à 15000^{m} de côté. Ils étaient destinés à déterminer la position d'une couple de montagnes et à vérifier la distance du pic de Montaigu au pic du Midi. Dans le cours de ces opérations, que j'ai exécutées à l'aide d'un petit cercle répétiteur, je me suis procuré *plusieurs bases verticales*, en prenant les angles au zénith de quelques sommets dont je mesurais la hauteur relative, à l'aide du baromètre. Ce procédé est très expéditif et très sûr, parce que, d'une part, *les observations barométriques n'ont jamais plus d'exactitude que lorsqu'elles sont faites de sommets à sommets, même à de très grandes distances horizontales*, et que, de l'autre, les angles au zénith pris à la fois des divers sommets où l'on a porté le baromètre se corrigent respectivement de l'effet de la réfraction et de l'abaissement du niveau. Je recommande cette méthode à ceux qui ont à tracer dans le moindre espace de temps possible la topographie d'un pays de montagnes. L'idée m'en a été suggérée par M. Allent, lieutenant-colonel du génie, et l'essai que j'en ai fait a complètement répondu à notre attente. »

Et en note, l'auteur ajoutait : « Depuis que ceci est écrit, nos bases verticales ont pris beaucoup de faveur.... Au reste, tandis que j'essayais cette méthode, M. de Humboldt l'employait de son côté et bien plus en grand, pour opérer la jonction de Mexico avec le port de la Vera-Cruz, sur une distance de plus de 30 myriamètres. »

Nous avons déjà réclamé pour d'Aubuisson l'idée d'employer une règle unique à la mesure des bases. Voici à quelle occasion il inaugura ou plutôt il rendit plus précis un procédé qui a été pratiqué de tout temps dans les mesures courantes.

Pour comparer les résultats que l'on peut obtenir à l'aide du baromètre avec ceux que donne plus sûrement la Trigonométrie, d'Aubuisson avait choisi le mont Gregorio qui est le pilier occidental de l'entrée de la vallée d'Aoste, terminé par un étroit plateau à 1700^{m} de hauteur environ au-dessus de la plaine du Piémont. Il avait mesuré une base de 670^{m} dans cette plaine à 6^{km} de la cime et effectué une triangulation avec un cercle répétiteur de Lenoir. Sur les alignements de la base, légèrement brisée en trois

Baromètre métallique. — Le baromètre à mercure a été pendant longtemps le seul qui pût être utilisé par les voyageurs comme par les observateurs sédentaires, et, parmi ceux qui ont été construits pour servir à la détermination des hauteurs, les deux plus estimés étaient le baromètre de Fortin et le baromètre de Gay-Lussac. La lecture de la colonne mercurielle peut, en effet, s'y faire avec un vernier au $\frac{1}{10}$ et même au $\frac{1}{20}$ de millimètre correspondant à une approximation de 0^m,50 pour les hauteurs, et c'est ainsi qu'opérait toujours Ramond.

La fragilité du tube de verre présentait les plus grands inconvénients toutes les fois qu'il fallait transporter le baromètre : aussi a-t-on cherché, à plusieurs reprises, à le remplacer par un tube de fer, en modifiant la manière d'observer. La solution proposée par Conté a été réalisée d'une manière satisfaisante et le Conservatoire des Arts et Métiers possède un des baromètres à poids du célèbre inventeur qui lui a servi, paraît-il, en Égypte, à mesurer très exactement la hauteur de la grande pyramide de Gizeh ([1]).

---

endroits, on avait planté de 5^m en 5^m des piquets hauts de 0^m,2, 0^m,3 à 0^m,4.

« Pour mesurer cette base, dit d'Aubuisson, nous fîmes faire à Turin, par le mécanicien de l'Académie, une grande règle de bois de sapin, ayant 5^m,01 de long, ses extrémités furent garnies en cuivre et l'on y marqua, avec toute l'exactitude possible, par deux lignes transversales, le commencement et la fin des 5 mètres.

» Le même mécanicien nous fit en outre deux espèces de boîtes de cuivre destinées à recevoir les extrémités de la règle. Elles se plaçaient sur la tête du piquet et s'y fixaient, lorsqu'il était nécessaire, à l'aide d'une vis de pression. On avait tracé sur la partie supérieure une ligne destinée à coïncider avec celle marquée sur l'extrémité de la règle qui posait dessus.

» Lorsqu'on voulut procéder à la mesure de la base, on fixa une boîte sur le piquet n° 1 ; on plaça l'autre sur le n° 2, mais sans l'y arrêter. On posa ensuite la règle de manière que la division 0^m coïncidât parfaitement avec la ligne tracée sur la première boîte et l'on avança la seconde jusqu'à ce qu'il y eût coïncidence entre sa ligne et la division 5^m, alors on serra la vis et la première distance fut mesurée.... »

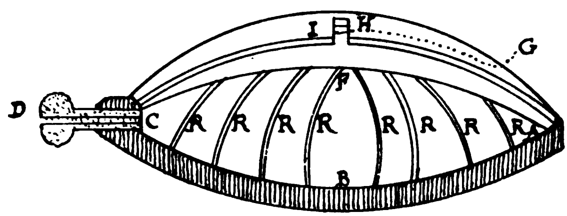
Il est sans doute inutile d'aller plus loin et l'on reconnaît aisément dans ces quelques lignes toute la méthode attribuée à Porro.

([1]) Beaucoup plus tard, Arago touché des doléances de ses amis, de Humboldt et Boussingault, si souvent privés, pendant leurs voyages, de faire des mesures de hauteurs, par suite de la rupture de leurs baromètres (pendant les dix ans qu'il avait passés dans l'Amérique du Sud, Boussingault avait eu quatorze baromètres cassés et difficiles à remplacer), avait imaginé

Un peu auparavant, Conté, alors qu'il était directeur de l'École aérostatique de Meudon, avait voulu créer pour son service un instrument à la fois portatif et solide et il avait été sur le point de résoudre ce difficile problème du *baromètre entièrement métallique*, d'un très petit volume, devenu aujourd'hui si usuel. Nous donnons, d'après le *Bulletin de la Société philomathique de Paris* du mois de Floréal an VI de la République (avril 1798), la description de ce premier essai d'ailleurs aussitôt abandonné.

« La forme de cet instrument est à peu près celle d'une montre. On en voit le dessin dans la *fig.* 120; ABC est une

Fig. 120.



Baromètre métallique de Conté. (Grandeur naturelle.)

calotte très solide de fer ou de cuivre, sur les bords de laquelle

de substituer au tube de verre d'une seule pièce un tube de fer forgé sur lequel on vissait, au moment de l'observation, un autre tube de verre de 8cm à 10cm de longueur seulement, renfermé dans un étui. Ces tubes et le mercure contenu dans une fiole en fonte de fer étaient transportés séparément et l'on construisait le baromètre à chaque station. A la vérité, le mercure ne pouvait pas être purgé d'air, mais en plongeant plus ou moins le tube de fer dans le réservoir intérieur, on faisait varier la capacité de la chambre barométrique de 10 à 1 par exemple, et, comme l'effet de la dépression produite par l'air sec sur la colonne est dix fois plus considérable dans la seconde observation que dans la première, la différence des hauteurs divisée par 9 était ce qu'il fallait ajouter à la première pour éliminer l'effet de la présence de l'air. Le célèbre artiste Gambey avait construit plusieurs de ces baromètres, dont un exemplaire fut présenté à l'Académie des Sciences par Arago, en 1844. Cette ingénieuse disposition du baromètre à mercure, très distincte de celle qui avait été adoptée par Conté pour son baromètre à poids, eût, sans aucun doute, rendu beaucoup de services aux voyageurs si l'invention des baromètres métalliques sans mercure n'était venue les soulager des manipulations et des soins qu'exigeait le procédé qui vient d'être décrit.

s'appliquent exactement ceux d'une autre calotte d'acier AFC, mince et flexible. Celle-ci s'appuie contre le fond de la première, au moyen de ressorts R, R. La queue CD renferme un canal qui fait communiquer la capacité ABCF avec l'air extérieur et qui peut être fermé hermétiquement par un bouchon.

» Au-dessus de la calotte AFC est placé un cadran percé en son milieu par un canon HI portant une aiguille HG. Le tout est recouvert d'un verre concave.

» On conçoit que si l'on fait le vide dans l'espace ABCF, la calotte AFC se trouvant chargée de tout le poids de l'atmosphère, rentrera sur elle-même et comprimera les ressorts R qui la soutiennent et elle se relèvera lorsque la pression diminuera. Par un mécanisme très simple placé dans le canon HI, le mouvement de la plaque AFC se communique à l'aiguille HG qui indique, par les arcs qu'elle parcourt, les variations de la pesanteur de l'air.

» Cet instrument, que l'on pourrait porter dans la poche, ne satisfit point le C. Conté qui le trouva trop sensible aux changements de température. »

III. — *Instruments et Méthodes à l'usage des explorateurs et utilisables en Topographie* (suite).

Baromètre anéroïde inventé par Vidie. — L'idée du baromètre entièrement métallique était donc abandonnée depuis longtemps quand un autre inventeur français, Lucien Vidie, sans avoir eu connaissance des recherches de Conté, s'en avisa à son tour et parvint à la réaliser d'une manière tout à fait satisfaisante (1).

(1) Lucien Vidie, né à Nantes en 1805, mort à Paris en 1866, avait été d'abord avocat; mais, malgré le talent dont il avait fait preuve dans cette profession, son goût pour la Mécanique l'avait décidé à entreprendre un service de bateaux à vapeur sur la Loire et sur la Charente. En étudiant les différents organes de ses machines et en essayant de les perfectionner, il avait été conduit à substituer au manomètre à mercure, si fragile, un manomètre métallique. Ses premiers essais ne lui ayant pas donné satisfaction, sans désespérer d'atteindre le but, car il avait fait breveter cette in-

Il avait donné, au début, à la boîte ou à ce qu'il appelait le vase barométrique la forme d'une sphère aplatie, analogue sans doute à celle de la montre de Conté mais déjà mieux appropriée à sa destination, et était arrivé, après bien des tâtonnements, à celle d'un cylindre d'une hauteur de plusieurs centimètres plissé circulairement de haut en bas et parallèlement aux bases qui le faisait ressembler à un soufflet et enfin à la petite boîte toujours cylindrique, à bases circulaires et ondulées du centre à la circonférence mais très réduite en hauteur qui a prévalu.

Cet organe essentiel du baromètre anéroïde est bien connu, et les continuateurs de Vidie, Naudet, Hulot, Breguet, Richard père, etc., tout en variant et perfectionnant les détails du mécanisme qui sert à transmettre à l'aiguille indicatrice du cadran les mouvements dus aux déformations que lui font subir les variations de la pression atmosphérique, l'ont conservé.

---

vention, et en restant dans le même ordre d'idées, il songea à la construction d'un baromètre également fondé sur l'élasticité de lames de métal enveloppant une capacité privée d'air. Après bien des insuccès et des déboires, l'inventeur ayant constaté que ses baromètres *anéroïdes* (sans fluide) marchaient d'accord avec le baromètre à mercure, essaie vainement de les répandre en France et, il faut l'avouer, c'est en Angleterre qu'ils sont tout d'abord appréciés par les marins, puis par les astronomes. L'indifférence ou même la prévention qui existait en France à l'égard de cette si intéressante innovation était telle que dans le même temps où Vidie livrait cinq mille baromètres anéroïdes aux Anglais, c'est à peine s'il lui en était demandé une centaine dans son pays.

A la même époque, deux autres inventeurs, l'ingénieur prussien Schnitz et le célèbre mécanicien Bourdon donnaient une autre forme très ingénieuse, celle d'un tube à section lenticulaire recourbé circulairement, à des appareils dont on pouvait, selon leur construction, faire des manomètres ou des baromètres. Le succès prodigieux des manomètres Bourdon, qui répondaient à ce besoin urgent pressenti par Vidie (sans qu'il eût donné une solution pratique du problème qu'il avait laissé de côté pour réaliser le baromètre anéroïde), faisait évanouir les préjugés qui avaient entravé le succès des baromètres métalliques. Mais Vidie n'en put pas profiter, ses brevets étant près d'expirer; il en résulta une grande irritation de sa part, des accusations de contrefaçon et des procès regrettables qu'il convient d'oublier, aujourd'hui que les deux inventions rendent de si grands services, sans cesser de reconnaître le mérite de Vidie dont le nom, encore méconnu souvent à l'étranger, doit être considéré comme celui de l'un des plus grands bienfaiteurs de l'humanité. Ceux qui voudraient connaître en détail les phases de la découverte de Vidie pourraient consulter l'*Histoire des baromètres et des manomètres anéroïdes et la biographie de Lucien Vidie*, par Auguste LAURANT (E. Dentu, Paris; 1867).

Baromètre holostérique. — Nous donnons (*fig.* 121 et 122) le plan et l'élévation latérale de l'un des meilleurs modèles désigné sous le nom de *baromètre holostérique* (entièrement solide) par ceux des anciens ouvriers de Vidie qui l'ont établi, MM. Naudet et Cie, dont les successeurs, MM. Hulot et Pertuis, ont continué depuis bien des années à le construire avec une grande perfection et à l'améliorer sans cesse ([1]).

Quand on fait le vide dans la boîte qualifiée de chambre barométrique, il est indispensable, pour maintenir l'écartement

Fig. 121.

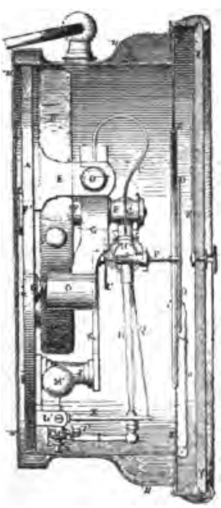
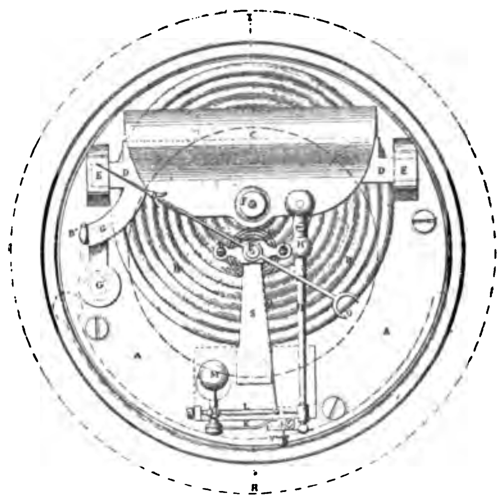


Fig. 122.



Baromètre holostérique.

des deux fonds flexibles, de recourir à un ressort antagoniste et quand le vide est fait, ce sont les déformations de ce ressort dues aux variations de la pression atmosphérique qui, à l'aide d'un mécanisme approprié, sont transmises à l'aiguille indicatrice.

([1]) *Voyez* le *Rapport fait par M. Le Roux à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* sur les baromètres dits *holostériques*, présentés par MM. Naudet et Cie (Pertuis et Hulot, successeurs), le 24 janvier 1866.

La forme et la disposition de ce ressort et du mécanisme sur lequel il agit distinguent les instruments des différents constructeurs [1].

Dans le baromètre holostérique, le ressort antagoniste est une large lame d'acier repliée en forme de col de cygne dont l'extrémité inférieure est pincée sur toute sa longueur par une traverse en forme de mâchoire terminée des deux côtés par des tourillons engagés dans des coussinets fixés à la plaque de fondation de la boîte.

L'extrémité supérieure du ressort bute contre l'arête d'une goupille carrée portée par une pièce vissée sur le fond supérieur de la chambre dont le fond inférieur est fixé sur la plaque de fondation par un contre-écrou situé sur cette plaque.

On conçoit aisément que les mouvements du fond supérieur de la chambre, quand la pression atmosphérique change, se traduisent par des oscillations ou des flexions variables de l'extrémité supérieure du ressort. Nous n'entreprendrons pas de décrire le système de leviers, de bielles et de ressorts représentés sur les figures, qui transmettent et régularisent ces mouvements de façon à faire décrire à l'aiguille sur le cadran des arcs proportionnels aux pressions. Nous ajouterons seulement qu'en vue de l'emploi de cet instrument par les ingénieurs, les voyageurs et les militaires, on a réduit le plus possible ses dimensions tout en étendant l'échelle de ses indications et que l'on est parvenu, en opérant par tâtonnement, à compenser les effets de la température dont, comme nous verrons plus loin, il est très important de se préoccuper.

Simplification des calculs barométriques. — Lorsqu'on se sert de baromètres à mercure, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* renferme des Tables construites d'après la formule de Laplace, qui permettent de calculer assez rapidement la différence de niveau de deux stations où l'on a observé les hau-

[1] Plusieurs d'entre eux, et Richard père était de ce nombre, plaçaient le ressort antagoniste à l'intérieur de la boîte (comme l'avait fait Conté). Cette disposition a été conservée par son fils, Jules Richard, qui en fait un usage si ingénieux pour la construction de ses baromètres enregistreurs et d'autres instruments des plus délicats.

teurs barométriques, les températures de l'air, celles des baromètres, la latitude étant connue ainsi que l'altitude de la station inférieure.

Cependant, quand on a de nombreuses opérations à effectuer, par exemple à la suite d'un long voyage, et que l'on ne prétend pas à une grande approximation, on se contente de formules simplifiées parmi lesquelles l'une des plus connues est celle de Babinet :

$$Z = 16000^{m} \frac{H - h}{H + h} \left[1 + \frac{2(t + t')}{1000} \right] (^1),$$

que l'on met aussi sous la forme

$$32(500 + t + t') \frac{H - h}{H + h}.$$

Depuis l'invention du baromètre anéroïde surtout, la facilité des observations, qui se réduisent à lire la pression sur un cadran comme l'heure sur une montre et celle de la température sur un thermomètre indépendant ([2]), a permis de multi-

---

([1]) En conservant à peu près complètement la formule de Laplace, après l'avoir mise sous une forme plus commode pour le calcul numérique, M. Radau, chargé de réduire les observations météorologiques d'Antoine d'Abbadie pendant son voyage en Éthiopie, a trouvé le moyen de s'affranchir de l'emploi des Tables de correction IV et V de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes,* en en calculant une autre dont le principe est indiqué dans une Note intitulée : *Sur la formule barométrique,* par M. RADAU, dans le *Moniteur scientifique* du Dr QUESNEVILLE, t. VI, année 1861. A la fin de cette Note, M. Radau donne, en outre, des *Tables logarithmiques,* construites sur le principe des Tables de Gauss et pour la plus importante desquelles il a adopté le coefficient 18451 déduit, comme on l'a dit plus haut, des expériences de Regnault : « La formule sur laquelle nous avons basé nos Tables logarithmiques, dit en terminant l'auteur, a été vérifiée expérimentalement par Bauernfeind; il l'a comparée à un grand nombre d'observations faites dans les Alpes bavaroises, en cinq stations dont les hauteurs avaient été déterminées avec soin par un nivellement. »

([2]) Un habile artiste anglais, Immisch, construit, depuis une quinzaine d'années, de petits thermomètres métalliques circulaires, de la dimension d'une montre de dame, dont l'organe principal est un tube recourbé de Bourdon rempli d'un liquide convenablement choisi. La température y est indiquée par le déplacement d'une aiguille sur un cadran comme la pression dans le baromètre anéroïde. Nous en possédons un qui nous a été offert par la famille Bourdon en 1885 et qui est aussi exact que le premier jour (1898). Ces excellents instruments mériteraient d'être aussi répandus que les baromètres anéroïdes.

plier considérablement leur nombre et il a fallu, par conséquent, s'efforcer de simplifier les calculs.

A la suite d'un voyage en France et en Suisse, dans les Vosges, dans le Jura et l'Oberland bernois, exécuté en 1868, au cours duquel nous avions observé plusieurs centaines de fois un baromètre anéroïde de Richard père, nous avions construit une Table à double entrée avec les valeurs de H et *h* en centimètres, dans laquelle était inscrite, à la rencontre des colonnes verticales et horizontales *la différence en mètres par millimètre moyen* correspondant aux deux pressions considérées, la plus grande hauteur à déterminer ne dépassant pas 1700^m, qui était la limite de celles que nous avions atteintes pendant notre voyage, enfin la plus haute pression étant supposée de 0^m,780 et la plus basse de 0^m,640.

Nous donnons ici cette Table très commode à employer. dont les indications peuvent d'ailleurs être utiles dans bien des circonstances. On l'a construite de la manière suivante, au moyen des Tables de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* modifiées. Par exemple, la différence en mètres par millimètre 11^m,74 qui figure à la rencontre de la colonne horizontale 700 correspondant à la pression H et de la colonne verticale 660 correspondant à la pression *h* a été obtenue en divisant la différence d'altitude trouvée 469^m,67 (d'après les Tables de l'*Annuaire*) pour l'intervalle barométrique 700-660, par la différence 40 de ces deux pressions.

Pour se servir de cette Table, il n'y a qu'à opérer inversement, en substituant des nombres ronds de centimètres aux pressions H et *h* habituellement exprimées en millimètres.

Soit, par exemple, $H = 713^{mm}$ et $h = 647^{mm}$, on cherchera à l'intersection des deux colonnes 710 et 650 où l'on trouvera le facteur 11^m,75 qui, multiplié par 66, différence de 713 — 647, donne pour différence d'altitude 775^m,50, avec une erreur qui dépasse rarement 10^m.

TABLE DONNANT LA DIFFÉRENCE EN MÈTRES PAR MILLIMÈTRE MOYEN EN FONCTION DE LA PRESSION H A LA STATION INFÉRIEURE ET DE LA PRESSION *h* A LA STATION SUPÉRIEURE.

VALEURS DE H, DE CENTIMÈTRE EN CENTIMÈTRE.	VALEURS DE *h*, DE CENTIMÈTRE EN CENTIMÈTRE.													
	640	650	660	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770
780	$11^{m},28$	$11^{m},20$	$11^{m},11$	$11^{m},03$	$10^{m},95$	$10^{m},88$	$10^{m},80$	$10^{m},72$	$10^{m},65$	$10^{m},58$	$10^{m},51$	$10^{m},44$	$10^{m},37$	$10^{m},30$
770	$11^{m},36$	$11^{m},27$	$11^{m},19$	$11^{m},11$	$11^{m},03$	$10^{m},95$	$10^{m},87$	$10^{m},80$	$10^{m},72$	$10^{m},65$	$10^{m},58$	$10^{m},51$	$10^{m},44$	
760	$11^{m},43$	$11^{m},35$	$11^{m},26$	$11^{m},18$	$11^{m},10$	$11^{m},02$	$10^{m},94$	$10^{m},87$	$10^{m},79$	$10^{m},72$	$10^{m},65$	$10^{m},58$		
750	$11^{m},51$	$11^{m},42$	$11^{m},34$	$11^{m},26$	$11^{m},18$	$11^{m},09$	$11^{m},02$	$10^{m},94$	$10^{m},87$	$10^{m},79$	$10^{m},72$			
740	$11^{m},59$	$11^{m},50$	$11^{m},42$	$11^{m},33$	$11^{m},25$	$11^{m},17$	$11^{m},09$	$11^{m},01$	$10^{m},94$	$10^{m},87$				
730	$11^{m},67$	$11^{m},58$	$11^{m},49$	$11^{m},41$	$11^{m},33$	$11^{m},25$	$11^{m},17$	$11^{m},09$	$11^{m},01$					
720	$11^{m},75$	$11^{m},66$	$11^{m},58$	$11^{m},49$	$11^{m},41$	$11^{m},33$	$11^{m},24$	$11^{m},17$						
710	$11^{m},84$	$11^{m},75$	$11^{m},66$	$11^{m},57$	$11^{m},49$	$11^{m},40$	$11^{m},32$							
700	$11^{m},92$	$11^{m},83$	$11^{m},74$	$11^{m},66$	$11^{m},57$	$11^{m},49$								
690	$12^{m},01$	$11^{m},92$	$11^{m},83$	$11^{m},74$	$11^{m},66$									
680	$12^{m},10$	$12^{m},01$	$11^{m},91$	$11^{m},82$										
670	$12^{m},19$	$12^{m},10$	$12^{m},01$											
660	$12^{m},28$	$12^{m},18$												
650	$12^{m},38$													

Formules barométriques du colonel Mangin. — Une remarque suggérée par l'examen de cette Table a conduit le colonel du génie Mangin, aussi habile géomètre qu'excellent physicien, pour calculer la différence d'altitude de deux stations, à une formule pratique très expéditive et d'une grande précision, pourvu que l'on reste dans les limites de pression que j'avais adoptées et à d'autres analogues s'appliquant à des zones successives dont les étendues ne dépassent pas 1500^m de différence entre les altitudes.

On reconnaît, en effet, en jetant les yeux sur la Table ci-dessus, que les nombres inscrits dans les différentes cases sont très sensiblement les mêmes sur chaque ligne oblique qui les joint diagonalement. Or, chacune des cases d'une de ces lignes obliques se trouve à l'intersection d'une colonne horizontale H et d'une colonne verticale h pour lesquelles la somme $H + h$ des pressions est la même.

En partant de la formule simplifiée $Z = 18382^m \log \frac{H}{h}$, dans laquelle on donne à H une valeur constante, 780 par exemple, puis en considérant la pression h comme une abscisse variable et Z comme l'ordonnée correspondante, la formule représente une courbe dont l'ordonnée est nulle pour $h = H$ et croît jusqu'à l'infini lorsque la pression h diminue jusqu'à zéro. On démontre aisément que cette *courbe des altitudes* est sensiblement un arc de parabole. Il suffit, pour cela, de prendre deux abscisses représentant les hauteurs barométriques pour une couple de stations et deux autres pour une seconde couple telles que leur somme soit égale à celle des deux précédentes, puis de joindre deux à deux les points correspondants de la courbe par des cordes qui satisferont à cette propriété de la parabole, à savoir qu'elles sont parallèles et que leurs milieux sont à très peu près sur une même verticale, c'est-à-dire que les diamètres de la courbe sont parallèles.

On est donc ainsi conduit à substituer à l'équation logarithmique de la courbe des altitudes, celle d'une parabole à axe vertical dont la forme générale $Z = Ah^2 + Bh + C$ peut être ramenée, par des transformations convenables, à la sui-

vante

$$Z = (H - h)[B + A(H + h)].$$

Le colonel Mangin a déterminé les constantes de cette dernière en se tenant, pour les pressions, entre les limites 780 et 640, et, en simplifiant ces constantes par compensation, il est arrivé à la formule parabolique définitive

$$Z = (H - h)[22^{m},63 - 0^{m},008(H + h)]\text{ (}^{1}\text{)},$$

à l'aide de laquelle on calcule la différence d'altitude Z des deux stations où ont été observées les hauteurs barométriques H et *h en moins d'une minute et à 2 mètres près,* abstraction faite de la correction due aux températures de l'air dans les deux stations. Nous donnons l'ensemble des formules établies par le colonel Mangin qui, sauf la première, n'ont pas encore été publiées et méritent cependant d'être connues et utilisées :

1° de	$\overset{m}{0}$ à $\overset{m}{1500}$,	$Z = (H - h)[\overset{m}{22},63 - \overset{m}{0},008(H + h)]$;
2° de	500 à 2000,	$Z = (H - h)[24,00 - 0,009(H + h)]$;
3° de	1000 à 2500,	$Z = (H - h)[25,29 - 0,01\ (H + h)]$;
4° de	1500 à 3000,	$Z = (H - h)[27,72 - 0,012(H + h)]$;
5° de	2000 à 3500,	$Z = (H - h)[29,96 - 0,014(H + h)]$;
6° de	2500 à 4000,	$Z = (H - h)[30,87 - 0,015(H + h)]$;
7° de	3000 à 4500,	$Z = (H - h)[33,00 - 0,017(H + h)]$;
8° de	3500 à 5000,	$Z = (H - h)[35,77 - 0,02\ (H + h)]$.

Il ne reste plus qu'à tenir compte de la température de l'air aux deux stations en multipliant, dans chaque circonstance, les résultats par le coefficient $1 + \frac{2(t + t')}{1000}$. Cette correction sera toujours extrêmement simple et il paraît inutile

(1) Cette formule a été publiée dans les *Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences,* t. LXXVI, p. 371; 1873.

de donner une Table des valeurs que peut prendre le coefficient en fonction de t et de t'; il varie toutefois depuis 0,940 dans le cas où la moyenne de t et de t' est de 15° au-dessous de zéro jusqu'à 1,12 en supposant que la moyenne $\frac{t+t'}{2}$ ne dépasse jamais 30°, de sorte que l'influence de ce coefficient peut aller jusqu'à modifier les résultats de 12 pour 100. D'où la nécessité de ne pas négliger la lecture du thermomètre aux différentes stations ([1]).

IV. — *Instruments et Méthodes à l'usage des explorateurs et utilisables en Topographie* (suite).

Expériences faites avec le baromètre anéroïde. — L'instrument de Vidie avait été assez vite adopté par les marins et tout d'abord, comme nous l'avons dit, par des officiers anglais.

([1]) Dans le cas où le nivellement n'exige pas une exactitude de plus de 5m, on pourrait se servir de la petite Table suivante, en remarquant que la correction relative à la température de l'air est d'autant d'unités pour 100 qu'il y a de fois 5 dans la somme ($t + t'$).

$t+t'$.	Retrancher pour 100.	$t+t'$.	Ajouter pour 100.	$t+t'$.	Ajouter pour 100.
— 30°	6	0°........	0	+ 35°........	7
— 25°.......	5	+ 5°........	1	+ 40°........	8
— 20°.......	4	+ 10°........	2	+ 45°.... ...	9
— 15°.......	3	+ 15°........	3	+ 50°........	10
— 10°.......	2	+ 20°	4	+ 55°........	11
— 5°.......	1	+ 25°........	5	+ 60°........	12
0°.......	0	+ 30°........	6	+ 65°..... ..	13

Quand on cherche à atteindre la plus grande précision possible et que les deux températures t et t' ont été observées avec soin, il convient d'employer le coefficient $1 + \frac{2(t+t')}{1000}$ si facile d'ailleurs à calculer. Il est toujours intéressant de savoir que chacune des formules ci-dessus, entre les limites auxquelles elles se rapportent, donne alors des résultats qui ne diffèrent pas de plus de 2m de ceux que l'on obtiendrait en employant la formule complète de Laplace.

C'est aussi en Angleterre que l'on a cherché de bonne heure à le perfectionner pour l'employer à la mesure des hauteurs. L'amiral Fitz-Roy, qui s'en était occupé pour la prévision du temps, avait également pressenti tout le parti qu'en pourraient tirer les voyageurs, et à son instigation une maison de Londres, Beck et Cie, était parvenue à construire de bons baromètres de montagnes. Mais la maison Naudet et plusieurs autres constructeurs français, Breguet et Richard entre autres, avaient également réussi à étendre l'amplitude de la marche des baromètres anéroïdes aux basses pressions et étaient en mesure, dès l'année 1860 environ, de fournir aux explorateurs, aux ingénieurs, et en particulier, aux géologues qui avaient eu si rarement la bonne fortune de se servir du baromètre à mercure sans accident, des instruments qui leur rendaient les plus grands services. En 1866, d'après le Rapport de M. Le Roux, la maison Naudet seule avait déjà livré 15000 baromètres de voyage.

Il y a eu, sans aucun doute, de nombreuses expériences faites à cette époque, mais nous nous contenterons de citer celles qui ont été entreprises en 1866 et en 1867, dans les Alpes Maritimes, par le capitaine Wagner, commandant la brigade topographique du Génie, et celles que nous avons faites nous-même au cours d'un voyage effectué en juillet 1868. Dans les deux cas, il s'agissait de se rendre compte du degré d'approximation sur lequel on pouvait compter en employant des baromètres anéroïdes réduits aux dimensions d'une montre de poche et construits par Richard père.

EXPÉRIENCES FAITES PAR LE COMMANDANT DE LA BRIGADE TOPOGRAPHIQUE DU GÉNIE. — La première expérience du capitaine Wagner avait été faite aux environs de Nice; elle comprenait dix stations dont les altitudes, parfaitement déterminées au préalable par un nivellement direct, étaient comprises entre 46^{m} et 541^{m},79; pendant toute sa durée, l'excellent physicien M. Walferdin, de passage à Nice, avait bien voulu se charger d'observer de deux heures en deux heures la température de l'air et la pression donnée par un baromètre anéroïde de 0^{m},12 de diamètre.

La température de l'air avait été également observée à chaque station et, pour s'assurer de la régularité de la marche du baromètre-montre en même temps que pour comparer les résultats obtenus à l'aide d'instruments de différentes dimensions, on avait emporté un autre baromètre anéroïde de $0^m,12$.

Toutes réductions faites, on constata que l'écart moyen des altitudes obtenues à l'aide du grand baromètre anéroïde était de 4^m et qu'il était de 6^m pour celles qui étaient obtenues à l'aide du baromètre-montre, le maximum était de $8^m,31$ pour les premières et de 16^m pour les secondes.

Une remarque intéressante avait été faite par le capitaine Wagner, aussi bien pour l'un que pour l'autre instrument, en comparant une à une les erreurs, à savoir que celles-ci étaient généralement négatives pendant l'ascension et devenaient positives pendant la descente, d'où l'observateur concluait que vraisemblablement les baromètres anéroïdes ont besoin d'un certain temps pour prendre leur position d'équilibre et que, par suite, on obtiendrait des résultats encore plus satisfaisants en attendant un peu à chaque station avant de faire les lectures (¹).

La seconde expérience du capitaine Wagner avait été réalisée avec le même succès pour de bien plus grandes altitudes sur les crêtes des Alpes maritimes; elle avait été faite avec deux baromètres-montres emportés dans les ascensions et dont les indications étaient comparées avec celles d'un baromètre de $0^m,12$ de diamètre laissé dans un village voisin à l'altitude de 550^m et confié à l'instituteur. Les sommets où l'on stationnait avaient leurs altitudes marquées sur la Carte de l'État-major sarde et l'observateur avait laissé aux baromètres transportés le temps de se mettre en équilibre. Voici les résultats auxquels il était parvenu :

(¹) Le capitaine Wagner notait avec soin l'état de l'atmosphère à chaque station, mais dans l'extrait de son carnet qu'il avait eu l'obligeance de nous adresser, en juillet 1867, nous n'avions pas trouvé l'indication des heures de la journée qui, on le sait, est au moins aussi importante à connaître.

	Altitude connue.	Altitude déduite.	Différence.
	m	m	m
Col de Braus...........	1005	1001	— 4
Pont de Sospel........	347	354	+ 7
Cime de la Marta.......	2137	2138	+ 1
Baisse de Saint-Véran...	1852	1856	+ 4
Mont des Fourches.....	2079	2063	—16
Moyenne des erreurs..................			6,3

Expériences faites en route. — Pendant le voyage effectué en Suisse, dans le Jura et dans les Vosges du 2 au 20 juillet, au cours duquel nous avons voulu expérimenter aussi le baromètre de poche de Richard, nous n'avions pas cru devoir nous embarrasser d'un thermomètre, mais nous notions les heures des observations du baromètre. Plus tard, en nous adressant aux Observatoires météorologiques de Genève et de Neuchâtel, considérés comme stations fixes correspondantes, selon la région, nous obtenions les pressions atmosphériques contemporaines de celles indiquées par le baromètre anéroïde avec les températures de l'air à la station fixe et, après avoir calculé les Z par la formule parabolique (il y en avait, comme nous l'avons dit, plusieurs centaines), nous déterminions t' pour calculer le coefficient $1+\frac{2(t+t')}{1000}$, en augmentant ou en diminuant de 1° par 175^{m} de différence de niveau la température t de l'air à la station fixe ([1]).

Pour toutes les stations dont l'altitude ne dépassait pas 1000^{m} (le baromètre expérimenté n'avait pas été construit pour les grandes hauteurs), les résultats obtenus après comme avant

([1]) La diminution de la température, à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère, varie selon les saisons et même selon les régions. Pour celle des Alpes où nous opérions, il existe deux Tables dressées l'une par d'Aubuisson en 1818 et l'autre, plus récente, par Plantamour, obtenues toutes les deux en comparant les observations faites tout le long de l'année à Genève et à l'hospice du grand Saint-Bernard. D'après la première, la moyenne des hauteurs correspondant à une diminution de 1° C. est de 183^{m} en été et de 224^{m} en hiver et, d'après la seconde, elle est de 174^{m} en été et de 211^{m},5 en hiver.

l'ascension du Rigi, qui avait soumis l'instrument à une trop forte épreuve, ont été, à peu d'exceptions près, satisfaisants. En comparant, en effet, les altitudes trouvées avec les cotes données par la Carte du général Dufour pour la Suisse ou par la Carte d'État-major pour la France, les plus grandes différences ont à peine atteint 20^m et la plupart des autres étaient inférieures à 10^m, différences sur lesquelles il y aurait lieu d'imputer l'erreur provenant de ce que la température n'avait pas été observée, mais déduite hypothétiquement, celle de la formule qui peut atteindre 2^m et enfin le défaut d'identité absolue des stations et des points relevés sur la carte dont les cotes ne sont pas non plus rigoureusement exactes.

En un mot, l'expérience, pour imparfaite qu'elle eût été, n'en témoignait pas moins hautement en faveur de l'instrument que nous avions déjà employé avec succès, en automne 1867, au bord de la mer, à la prévision du temps, en nous guidant sur les *Weather glasses in north latitude* de l'amiral Fitz-Roy ([1]), comme on peut le voir dans le *Recueil des rapports de la Commission militaire à l'Exposition universelle de* 1867.

Les événements de 1870 et leurs conséquences nous empêchèrent de reprendre ces expériences avec des baromètres construits expressément pour les hautes altitudes.

Cependant en 1871 et 1872, à l'occasion de la délimitation

([1]) *Voyez* à ce sujet, dans le *Barometer Manual-Board of trade,* 1863, compiled by Rear Admiral FITZ-ROY, F. R. S.; *Explanatory of weather glasses in north latitude; How to foretell weather?* Dans cette excellente brochure, l'amiral Fitz Roy ne s'occupe pas seulement de la prévision du temps, mais aussi de la mesure des hauteurs à l'aide du *baromètre anéroïde* dont il indique nettement toutes les propriétés, en allant au-devant de l'objection que cet instrument avait besoin d'être comparé assez fréquemment au baromètre à mercure, qu'il exigeait des rectifications et pouvait se détériorer avec le temps; mais il ajoutait aussitôt que, *depuis quatorze ans,* il se servait d'un anéroïde qui ne s'était pas altéré sensiblement.

C'est dans cette même brochure qu'il publiait une *Table des différences pour les hauteurs* qui est, en pieds et pouces anglais, celle que l'on a proposé, beaucoup plus tard, d'employer dans les baromètres dits *orométriques.* L'excellent météorologiste était bien en avance sur les compatriotes de Vidie.

de la nouvelle frontière du Nord-Est, et en 1873, pendant un voyage en Allemagne, en Autriche et en Italie, nous avions pu encore constater l'excellence des indications du même baromètre-montre de Richard pour les altitudes inférieures à 1000^m, jusqu'à ce que, par un jour d'orage, à Vérone, et à la suite d'une brusque dépression atmosphérique de près de $0^m,03$, le mécanisme éprouva un accident qui mit temporairement l'instrument hors de service.

Enfin, l'année suivante, nous pouvions entreprendre l'étude comparative de quatre baromètres holostériques de Naudet, et de trois anéroïdes de Breguet, de dimensions variées mais donnés tous comme ayant été construits pour les hautes altitudes. Nous les avions d'abord suivis pendant plusieurs semaines, trois fois par jour, et comparés à un baromètre Fortin, puis placés deux à deux ou trois à trois sous la cloche d'une machine pneumatique, sous laquelle nous reduisions la pression jusqu'à 550^{mm}, et nous avions déjà constaté dans leurs indications simultanées des différences assez sensibles pour nous faire craindre des erreurs inacceptables, quand on viendrait à se servir de ces instruments pour des nivellements qui viseraient seulement à la précision que nous avions obtenue avec le baromètre-montre de Richard.

Expédition barométrique au Puy de Dôme en 1874. — Nous résolûmes alors d'entreprendre une expérience décisive en emportant les sept baromètres anéroïdes ou holostériques et un excellent baromètre Fortin de Tonnelot, à Clermont-Ferrand et de là, après les avoir comparés entre eux et au baromètre d'Alvergniat, de la Faculté des Sciences, au sommet du Puy de Dôme, par la Baraque et le col de Ceyssat, en faisant dix stations auprès des bornes de Bourdaloue ou de celles qui venaient d'être placées sur la nouvelle route en construction et nivelées par M. le capitaine Penel, du Service géographique de l'Armée. Le 26 septembre 1874, en compagnie de M. le commandant du Génie (depuis général) Faure et de M. l'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées Gautier, nous exécutions ce projet en prenant les précautions les plus minutieuses pour éviter toutes les chances d'erreur et nous procurer les élé-

Expédition barométrique de Clermont au Puy de Dôme

NUMÉROS ET NOMS DES STATIONS.	1 CHAMPRADELLE.	2 A 4km DE CLERMONT, borne Bourdaloue angle du chemin de Chamalières.	3 LA BARAQUE, borne Bourdaloue.	4 HÊTRES DU PIED du Puy de Dôme, borne E de l'E. M.	5 COL DE CEYSSAT, borne H de l'E. M. à la montée.	6 NOUVELLE ROUTE du flanc méridional du Puy de Dôme, borne K de l'E. M.
Heure des observations	8h 15m mat.	8h 55m	10h	10h 50m	11h 40m	midi 5m
Thermomètre de Rabanesse....... ..	+ 14°,6	+ 16°,2	+ 18°,7	+ 20°,4	+ 22°,0	+ 22°,3
Température de l'air	+ 15°,0	+ 17°,0	+ 19°,2	+ 19°,0	+ 18°,6	+ 21°,1
Moyennes des températures des holostériques et des anéroïdes........	+ 16°,7	+ 17°,5	+ 19°,8	+ 19°,6	+ 21°,9	+ 21°,9
Altitudes connues..	487m,00	580,28	782,82	930,53	1074,71	1171,36
Baromètre Fortin de Tonnelot, 676....	481,90	576,05	780,71	928,62	1076,84	1162,22
1. Holostérique 78/59 grand module de Naudet	482,61	579,88	786,12	928,91	1077,57	1185,22
2. Holostérique 79/62 grand module....	487,28	582,05	793,50	948,99	1099,11	1211,24
3. Holostérique 79/52 montre..........	495,46	589,62	792,17	941,47	1095,46	1202,09
4. Holostérique 78/59 montre..........	483,76	572,56	783,69	933,93	1092,92	1194,30
5. Anéroïde 80/46 grand module de Breguet	486,11	582,05	795,63	952,75	1104,42	1194,30
6. Anéroïde 80/48 moyen...........	484,91	569,00	791,04	930,16	1081,41	1195,59
7. Anéroïde 80/54 montre...... ...	494,46	592,72	800,88	948,99	1088,07	1196,89
OBSERVATIONS..... ..	Le point choisi à l'ombre de la maison à droite de la route en montant est à une petite distance de la borne Bourdaloue, mais on a tenu compte de la différence de niveau.	Tout auprès de la borne.	Tout auprès de la borne à l'entrée du hameau, à gauche de la route en montant.	Tout auprès de la borne E.	Tout auprès de la borne H.	Tout auprès de la borne K.

par la Baraque et le col de Ceyssat, le 25 septembre 1874.

7	8	9	10	11	12	
NOUVELLE ROUTE, borne N à la montée.	NOUVELLE ROUTE, borne S.	SOMMET du Puy de Dôme près du signal géodésique I.	MÊME POINT de station II.	NOUVELLE ROUTE, borne N à la descente.	COL DE CEYSSAT, borne H à la descente.	OBSERVATIONS.
midi 40^{m}	1^{h} soir	1^{h}25^{m}	3^{h}45^{m}	5^{h}45^{m}	6^{h}15^{m}	L'altitude du point de départ (tour de Rabanesse) est de 388^{m}.
+22°,9	+24°,0	+24°,5	+21°,3	+16°,8	»	
+18°,2	+17°,3	+17°,0	+15°,2	+16°,5	+15°,8	
+23°,7	+23°,4	+22°,3	+20°,0	+17°,7	+17°,3	
1275,37	1367,39	1464,42	1464,42	1275,37	1074,71	
1270,65	1371,84	1469,05	1455,72	1261,73	1071,92	Comparé au baromètre d'Alvergnat n° 872 de la Faculté des Sciences de Clermont.
1284,31	1378,06	1480,58	1478,08	1278,54	1090,09	
1310,62	1411,20	1506,00	1502,07	1317,79	1123,25	
1298,77	1405,89	1500,62	1503,40	1304,30	1114,81	
1292,21	1386,02	1480,58	1480,53	1272,39	1114,81	Comparés au baromètre anéroïde de la tour de Rabanesse, placé à côté du baromètre Alvergnat 872.
1314,57	1411,20	1512,74	1498,07	1312,88	1081,47	
1290,89	1386,02	1480,40	1480,53	1295,71	1090,09	
1302,72	1408,55	1515,43	1503,40	1298,16	1112,18	
Tout auprès de la borne N.	Tout auprès de la borne S.	Le point choisi par Ramond peut différer de celui dont il s'agit, mais les altitudes doivent être sensiblement égales.		Même point qu'à la montée.	Même point qu'à la montée. (Observations douteuses, le jour faisant défaut).	

ments du calcul des différences de niveau [1] entre les différentes stations et la tour de Rabanesse, près de Clermont, où se trouvaient les instruments météorologiques de la Faculté des Sciences qui furent observés, baromètre et thermomètre, de trente minutes en trente minutes pendant toute la journée. Le Tableau des deux pages précédentes contient les résultats de cette expérience, faite, nous ne saurions assez le répéter, avec le plus grand soin et dans les meilleures conditions atmosphériques possibles [2].

Ces résultats étaient loin d'être satisfaisants et démontraient la nécessité de n'employer pour des nivellements en pays de montagnes que des baromètres anéroïdes éprouvés, afin de savoir exactement sur quel degré de précision l'on peut compter. On reconnaît, en effet, dans le cas dont il s'agit, après avoir déterminé les erreurs pour chacun des sept instruments, qu'à peine deux d'entre eux, le n° 7859 de Naudet et le n° 8048 de Breguet, eussent été acceptables.

Nous avions été conduit, en présence de cette constatation peu rassurante, dans une Communication faite à la Société de Géographie en 1881, à suggérer l'idée de profiter de la facilité et de la fréquence des communications entre Clermont et l'Observatoire du Puy de Dôme et des aptitudes de son personnel, pour organiser, en faveur des constructeurs de baromètres anéroïdes destinés à atteindre les altitudes de 1500^{m}, un service analogue à celui que font les Observatoires astronomiques dans l'intérêt des horlogers qui y apportent des chronomètres pour les faire suivre pendant un temps déterminé. Il est bien entendu que pour les baromètres, ce serait en les transportant de Clermont au Puy de Dôme et en les rapportant à Clermont que seraient faites les observations aux stations que

(1) Ces calculs étaient effectués avec les Tables de la formule de Laplace de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, et ensuite à l'aide de la formule parabolique. Les résultats ne différaient jamais de 2^{m}.

(2) La journée était très belle; il n'y avait pas le moindre vent, mais une tendance à une dépression du baromètre observée à Rabanesse. Le soir, un peu avant le coucher du soleil, au moment où nous commencions à descendre, nous pûmes assister au spectacle très rare d'un parhélie et d'une parasélène simultanés et très brillants tous les deux. Le dernier phénomène persista pendant plus de deux heures après le coucher du soleil.

nous avions choisies ou à d'autres et au besoin plusieurs fois.

L'expérience précitée avait été complétée en observant nos sept baromètres et le baromètre Fortin à Paris avant le départ, à Clermont-Ferrand avant l'ascension du Puy de Dôme, après le retour à Clermont et enfin après le retour à Paris.

A la suite de chaque transport, nous avions reconnu que les états des baromètres anéroïdes s'étaient modifiés, mais que les écarts tendaient à disparaître au bout de quelques jours. Ce fait, prévu d'ailleurs, tient à ce que l'élasticité des lames métalliques de la boîte et du ressort antagoniste ne présente pas un jeu aussi simple que celui du mouvement du mercure dans le baromètre ordinaire, ou pour mieux dire dans l'ancien baromètre où la capillarité seule intervient pour retarder la reprise du niveau du mercure.

Nous n'ignorons pas que la construction des baromètres anéroïdes a encore fait des progrès depuis l'époque à laquelle remontent nos expériences, mais nous avons cru devoir les consigner ici pour tenir toujours les observateurs en garde et les engager à se ménager des moyens de contrôle et de vérification.

Compensation des baromètres anéroïdes. — La simplicité de la forme et de la constitution du baromètre à mercure avait permis de faire entrer dans la formule générale de la différence de niveau entre deux stations, un terme de correction des effets des variations de température de l'instrument qui ne peut plus être conservé quand on emploie des baromètres entièrement solides. La construction de ces derniers comportant des mécanismes dont les organes assez nombreux se dilatent dans des sens différents, paraît même tout d'abord ne pas se prêter aisément à des calculs de correction ou à une compensation suffisamment exacte. Il se trouve cependant que, dans les baromètres holostériques, en particulier, on peut arriver à cette compensation des effets de la dilatation, à ce point que certains instruments n'ont besoin d'aucun artifice pour qu'elle se produise. Toutefois, comme cela n'arrive pas le plus ordinairement, après avoir analysé avec soin ce qui doit se passer dans les différents organes, la boîte barométrique, le ressort antagoniste, la plaque de fondation,

les supports-colonnes, chaîne et leviers, les constructeurs ont reconnu qu'il convenait surtout de s'occuper de l'action de la tige principale ou grand levier HH (*fig.* 122) sur le ressort C dont les déformations se transmettent à l'aiguille indicatrice. Cette tige étant en laiton, en appliquant au-dessous d'elle une lame d'acier, c'est-à-dire d'un métal dont la dilatation est très différente, par les changements de température celle-ci en élève ou en abaisse l'extrémité, et l'on est parvenu par ce moyen à une compensation assez exacte.

Baromètres orométriques. — Pour épargner aux voyageurs et en particulier aux touristes la peine de faire le moindre calcul ou du moins de réduire ce calcul à une simple soustraction, on a proposé de graver sur les cadrans des baromètres de montagnes une seconde graduation donnant en regard des pressions des nombres exprimés en hectomètres et calculés *pour la saison des voyages,* dans l'hypothèse d'une température moyenne de 20° au niveau de la mer avec une diminution de 1° par chaque 165^m d'altitude (1).

---

(1) *Voyez* les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* t. LXXVIII, année 1874, 1er semestre, pages 1100 et 1236, et le petit Aide-mémoire intitulé : *Cadrans orométriques pour le nivellement barométrique, applicables surtout aux baromètres de poche et à la saison des voyages d'agrément,* par C.-M. Goulier (librairie Delagrave; 1874).

On construisait des baromètres orométriques ou altimétriques déjà depuis plusieurs années, en Angleterre, chez Beck, et en Suisse où ceux de Goldschmid avaient une grande réputation, mais les baromètres holostériques de Naudet leur étaient supérieurs et, en leur appliquant des cadrans orométriques, on était sûr du succès. Un auteur allemand, le Dr Hœltsche, professeur à l'Institut polytechnique de Vienne, qui avait écrit plusieurs Ouvrages *Sur l'Hypsométrie au moyen des baromètres métalliques* (1870), et *Sur les anéroïdes de Naudet et de Goldschmid, leur construction, leur théorie et leur mode d'emploi* [(1872); Alfred Hœlder, à Vienne (Autriche)], reconnaissait hautement la supériorité des holostériques de Naudet. Ce professeur avait même entrepris de suivre les holostériques et de dresser des Tables de correction que l'opticien J. Feiglster, de Vienne, qui en avait le dépôt (ainsi que celui des baromètres de poche de Beck, construits pour des altitudes atteignant de 4000^m à 5000^m), livrait en même temps que ces instruments très recherchés par les ingénieurs autrichiens pour les études préliminaires des tracés de chemins de fer en pays de montagnes.

Nous ne pouvons nous empêcher, en citant les Ouvrages du Dr Hœltsche, de dire que cet auteur, un peu diffus, qui prétendait être très documenté écrivait le nom de Vidie : *Vidi* et le croyait anglais.

Nous donnons (*fig.* 123 et 124) les deux cadrans oromé-

Fig. 123.



triques proposés en 1874 par le colonel Goulier et dont les

Fig. 124.



indications sont tout à fait analogues, il le reconnaît lui-

même, à celui du *mountain barometer* de l'amiral Fitz-Roy et à ceux que l'on employait en Suisse.

Ces instruments destinés aux touristes leur rendent, en effet, des services immédiats très appréciables et, à la fin de la longue dissertation publiée par le colonel Goulier dans l'*Annuaire du Club alpin français de* 1879, intitulée : *Étude sur la précision des nivellements topographiques et barométriques,* on trouve sur un Tableau n° 3, en tête de chaque mois, un coefficient qui est la correction mensuelle à faire subir aux nombres lus sur les baromètres orométriques ou altimétriques pour tenir compte de la différence entre la température supposée et la véritable, et d'autres coefficients bihoraires dont le maximum est assez faible pour pouvoir être négligé.

La conclusion à laquelle arrive l'auteur est que : « Dans les Alpes, on peut *avec assez de sécurité* employer les cadrans orométriques ou altimétriques en toute saison, pourvu que l'on fasse subir à leurs indications les corrections données par les coefficients du Tableau, et que même on peut les employer sans corrections, de la fin de mai au commencement d'octobre, intervalle pendant lequel, *probablement,* les erreurs ne dépasseront pas, *en moyenne,* celles d'un calcul correct. »

Nous estimons, pour notre compte, qu'eu égard à la facilité avec laquelle on peut effectuer les calculs, à l'aide des formules paraboliques données plus haut, dont la première leur suffira le plus souvent, et en tenant compte des températures observées, les topographes, les ingénieurs et les voyageurs scientifiques feront mieux, avec des instruments ordinaires bien vérifiés, de se passer des graduations orographiques souvent fatigantes à lire et laissant subsister nécessairement une erreur qui peut devenir assez forte dans bien des cas. Nous conseillerions plus volontiers aux mêmes opérateurs d'emporter, quand ils le pourront, deux baromètres au lieu d'un, pour avoir un contrôle assuré. Il est sans doute inutile de donner le même conseil aux touristes qui voyagent plusieurs ensemble, munis chacun d'un baromètre.

Un grand nombre d'Ouvrages ont été publiés, dans ces der-

niers temps, sur la mesure des hauteurs par le baromètre en Allemagne, en Suisse, en Italie, en Amérique notamment, et le sujet est encore loin d'être épuisé, mais nous craignons de lui avoir déjà donné trop de développements à propos des applications du nivellement barométrique aux reconnaissances topographiques, et nous renvoyons le lecteur qui désirerait se renseigner plus complètement sur les principaux travaux étrangers aux Ouvrages dont les titres se trouvent au bas de cette page [1].

V. — *Description succincte de plusieurs instruments portatifs utilisés dans les reconnaissances rapides et non encore mentionnés. — Conclusion.*

Aucun des instruments dont il s'agit et dont nous avons annoncé la destination ne comporte une longue description. Nous allons donc passer rapidement en revue les principaux d'entre eux en en donnant une figure qui suffira le plus souvent à en faire comprendre l'usage. Le dernier de ceux que nous indiquerons a cependant pour nous un très grand intérêt, puisqu'il nous a conduit à renouveler et à étendre une méthode qui, pour être l'une des dernières venues ou plutôt vulgarisées (car elle date de plus d'un siècle aujourd'hui), n'est pas moins digne d'être recommandée à ceux qui peuvent l'ignorer encore et surtout à ceux qui, la connaissant, l'ont

---

[1] *Beobachtungen und Untersuchungen über die Genauigkeit barometrischer Höhenmessungen und die Veränderungen der Temperatur und Feuchtigkeit der Atmosphäre,* von Dr Carl Maximilian BAUERNFEIND; München, 1862 (déjà cité).

Die barometrischen Höhenmessungen, von Dr RUHLMANN. Leipzig; 1870.

Die Aneroïde, von J. HÖLTSCHE. Wien; 1872 (déjà cité).

Sulla misura delle altezze mediante il barometro, dal professor GROSSI. Milano; 1876.

Die Aneroïde Barometer von Jacob Goldschmid und das barometrische Höhenmessen, von Dr Karl KOPPE. Zurich; 1877.

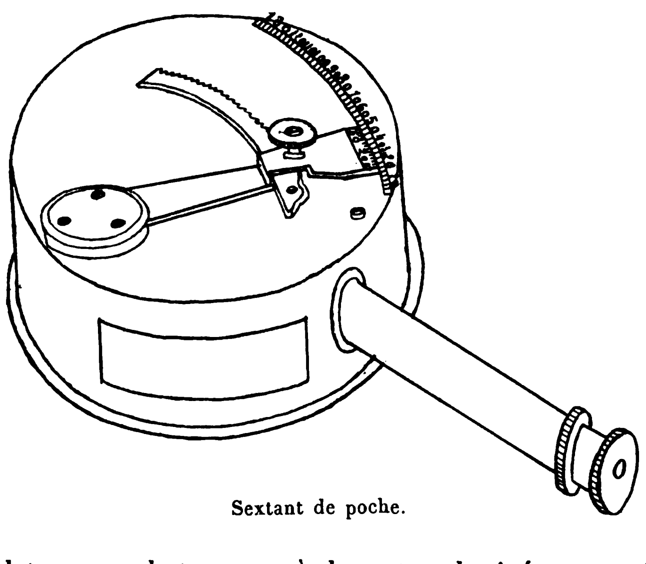
Die Messung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft, mit besonderer Berücksichtigung des neuen Procenthygrometers mit Justirvorrichtung, von Dr Karl KOPPE. Zurich; 1878.

A new Method of measuring Heights by means of the Barometer, by G.-K. GILBERT. Washington; 1882.

traitée trop dédaigneusement et avec prévention. C'est du moins ce qui semble résulter de l'opinion répandue actuellement à peu près partout à l'étranger où elle a commencé à être mise en pratique depuis une trentaine d'années, comme on le verra au Chapitre III de cette étude.

Sextant de poche. — L'un des plus anciens et des plus complets, sous le rapport des usages que l'on en peut faire, est le *sextant de poche,* qui paraît avoir été construit en

Fig. 125.



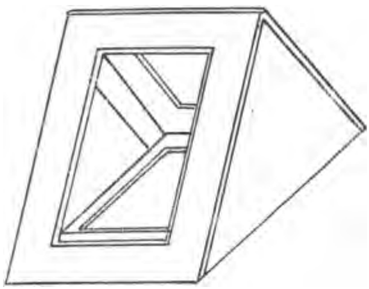
Sextant de poche.

Angleterre peu de temps après le sextant destiné aux marins. Il est décrit en détail dans l'Ouvrage d'Adams continué par Jones ([1]), et nous en donnons la figure (*fig.* 125) d'après les planches de cet Ouvrage, en même temps que celle de l'*horizon artificiel* qui lui est joint et qui est nécessaire pour permettre d'observer les hauteurs des astres à terre.

([1]) *Geometrical and graphical Essays containing a general description of the mathematical instruments,* etc. London; 1813 (déjà souvent cité antérieurement).

Il suffit d'avoir eu ce précieux petit instrument entre les mains pendant quelques heures pour apprendre à bien s'en servir, à le rectifier au besoin et pour comprendre tout le parti que l'on en peut tirer. Quant à l'horizon artificiel, il en existe plusieurs modèles, l'un avec l'emploi d'un bain de mercure

Fig. 126.



Horizon artificiel.

pour réfléchir la lumière (*fig.* 126) et un autre dont la surface réfléchissante est une plaque d'émail noir portée par trois vis calantes avec un niveau à bulle d'air.

Équerre à réflexion (*Optical square* des Anglais). — Cette équerre destinée aux mêmes usages que l'équerre d'arpenteur se compose essentiellement de deux miroirs plans inclinés l'un sur l'autre à 45°, disposés dans une monture métallique munie de fenêtres convenablement placées et qui se termine par une poignée. Ce système fonctionne à la manière des deux miroirs du sextant, avec cette condition que l'angle restant fixe, le rayon direct et le rayon réfléchi deux fois successivement forment toujours le même angle double de celui des miroirs et par conséquent un angle droit. Il a été imaginé pendant la seconde moitié du siècle dernier par Adams, père de l'auteur de l'Ouvrage cité, auquel nous empruntons la figure élémentaire qui montre en plan la disposition des deux miroirs (*fig.* 127). Il y a d'ailleurs plusieurs sortes de montures en usage et l'une des plus simples que l'on puisse adopter est celle de la *fig.* 128 (p. 227). L'avantage

Expédition barométrique de Clermont au Puy de Dôme

NUMÉROS ET NOMS DES STATIONS.	1 CHAMPRADELLE.	2 A 4km DE CLERMONT, borne Bourdaloue angle du chemin de Chamalières.	3 LA BARAQUE, borne Bourdaloue.	4 HÊTRE DU PIED du Puy de Dôme, borne E de l'E. M.	5 COL DE CEYSSAT, borne H de l'E. M. à la montée.	6 NOUVELLE ROUTE du flanc méridional du Puy de Dôme, borne K de l'E. M.
Heure des observations	$8^h 15^m$ mat.	$8^h 55^m$	10^h	$10^h 50^m$	$11^h 40^m$	midi 5^m
Thermomètre de Rabanesse.........	+14°,6	+16°,2	+18°,7	+20°,4	+22°,0	+22°,3
Température de l'air	+15°,0	+17°,0	+19°,2	+19°,0	+18°,6	+21°,1
Moyennes des températures des holostériques et des anéroïdes........	+16°,7	+17°,5	+19°,8	+19°,6	+21°,9	+21°,9
Altitudes connues..	487^m,00	580,28	782,82	930,53	1074,71	1171,36
Baromètre Fortin de Tonnelot, 676....	481,90	576,05	780,71	928,62	1076,84	1162,22
1. Holostérique 78/59 grand module de Naudet	482,61	579,88	786,12	928,91	1077,57	1185,22
2. Holostérique 79/62 grand module....	487,28	582,05	793,50	948,99	1099,11	1211,24
3. Holostérique 79/52 montre..........	495,46	589,62	792,17	941,47	1095,46	1202,09
4. Holostérique 78/59 montre..........	483,76	572,56	783,69	933,93	1092,92	1194,30
5. Anéroïde 80/46 grand module de Breguet	486,11	582,05	795,63	952,75	1104,42	1194,30
6. Anéroïde 80/48 moyen...........	484,91	569,00	791,04	930,16	1081,41	1195,59
7. Anéroïde 80/54 montre........ ...	494,46	592,72	800,88	948,99	1088,07	1196,89
OBSERVATIONS.... ..	Le point choisi à l'ombre de la maison à droite de la route en montant est à une petite distance de la borne Bourdaloue, mais on a tenu compte de la différence de niveau.	Tout auprès de la borne.	Tout auprès de la borne à l'entrée du hameau, à gauche de la route en montant.	Tout auprès de la borne E.	Tout auprès de la borne H.	Tout auprès de la borne K.

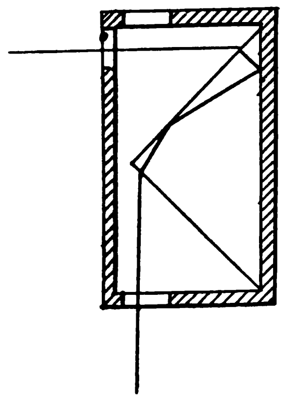
ar la Baraque et le col de Ceyssat, le 25 septembre 1874.

7	8	9	10	11	12	
NOUVELLE ROUTE, borne N à la montée.	NOUVELLE ROUTE, borne S.	SOMMET du Puy de Dôme près du signal géodésique I.	MÊME POINT de station II.	NOUVELLE ROUTE, borne N à la descente.	COL DE CEYSSAT, borne H à la descente.	OBSERVATIONS.
midi 40m	1h soir	1h25m	3h45m	5h45m	6h15m	L'altitude du point de départ (tour de Rabanesse) est de 388m.
+22°,9	+24°,0	+24°,5	+21°,3	+16°,8	»	
+18°,2	+17°,3	+17°,0	+15°,2	+16°,5	+15°,8	
+23°,7	+23°,4	+22°,3	+20°,0	+17°,7	+17°,3	
1275,37	1367,39	1464,42	1464,42	1275,37	1074,71	
1270,65	1371,84	1469,05	1455,72	1261,73	1071,92	Comparé au baromètre d'Alvergnat n° 872 de la Faculté des Sciences de Clermont.
1284,31	1378,06	1480,58	1478,08	1278,54	1090,09	
1310,62	1411,20	1506,00	1502,07	1317,79	1123,25	
1298,77	1405,89	1500,62	1503,40	1304,30	1114,81	
1292,21	1386,02	1480,58	1480,53	1272,39	1114,81	Comparés au baromètre anéroïde de la tour de Rabanesse, placé à côté du baromètre Alvergnat 872.
1314,57	1411,20	1512,74	1498,07	1312,88	1081,47	
1290,89	1386,02	1480,40	1480,53	1295,71	1090,09	
1302,72	1408,55	1515,43	1503,40	1298,16	1112,18	
Tout auprès de la borne N.	Tout auprès de la borne S.	Le point choisi par Ramond peut différer de celui dont il s'agit, mais les altitudes doivent être sensiblement égales.		Même point qu'à la montée.	Même point qu'à la montée. (Observations douteuses, le jour faisant défaut).	

PRISME TRIANGULAIRE RECTANGLE ISOSCÈLE. — On a pu tout d'abord recourir immédiatement au prisme à base triangulaire rectangle isoscèle (*Dreiseitige Winkel Prisma,* de Bauernfeind, *Prisma squadro* des Italiens), disposé de différentes manières, dont la plus simple et la plus pratique est celle qui est représentée en plan par la *fig.* 129.

La monture de laiton de ce petit appareil enveloppe entièrement le prisme qu'elle garantit de tout choc en présentant

Fig. 129.



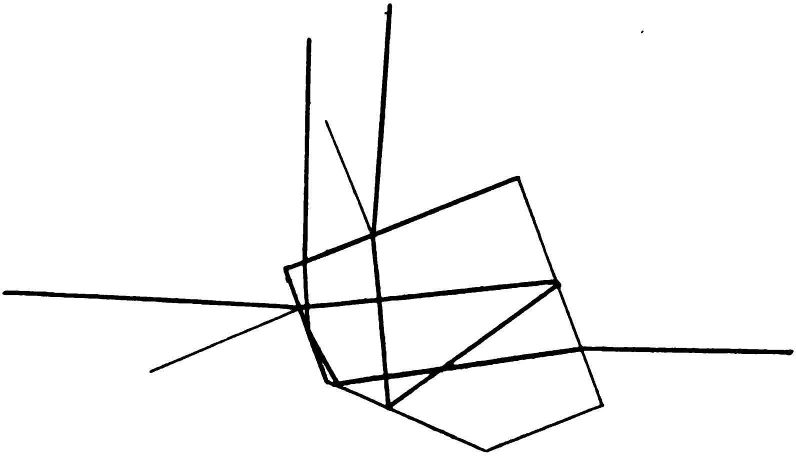
Équerre à réflexion prismatique triangulaire.

seulement les trois fenêtres indiquées sur le plan ; elle est munie d'une poignée qui permet de retourner facilement l'instrument pour observer à droite comme à gauche de la visée directe, et par conséquent pour vérifier aussi ou pour tracer un alignement.

AUTRES DISPOSITIONS DE PRISMES. — Nous ne mentionnerons qu'en passant le *prisme quadrangulaire,* analogue à celui de la *chambre claire* de Wollaston (*Vierseitige Winkel Prisma* de Bauernfeind) que nous retrouverons tout à l'heure, et les *prismes croisés* (*Prismenkreuz*) du même auteur, ce dernier système remplaçant celui des trois miroirs plans indiqué plus haut. Mais nous signalerons son *prisme carré tron-*

qué et le *prisme trapézoïdal* de Porro pour les alignements

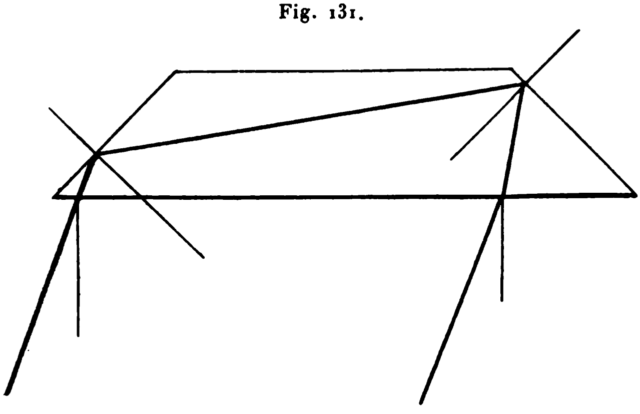
Fig. 130.



Prisme carré tronqué de Bauernfeind (Équerre d'alignement).

(*Allineatore squadro, allineatore Porro*), dont nous donnons

Fig. 131.



Équerre d'alignement de Porro.

(*fig.* 130 et 131) les deux figures géométriques avec l'indication de la marche des rayons lumineux.

NIVEAUX A MAIN. — On a imaginé un grand nombre de ces instruments très utiles et généralement très faciles à employer et qui peuvent se porter dans le gousset. Nous en citerons seulement trois qui sont des plus ingénieux et assez sensibles dans la plupart des cas.

1° Le *niveau à réflexion,* inventé en 1829 par le colonel du génie Burel; il paraît toutefois que le principe en avait été indiqué, dès le XVIe siècle, par l'italien Scipion Claramonte, de Césène, mais l'idée était tombée dans l'oubli, quand le colonel Burel l'eut à son tour (1).

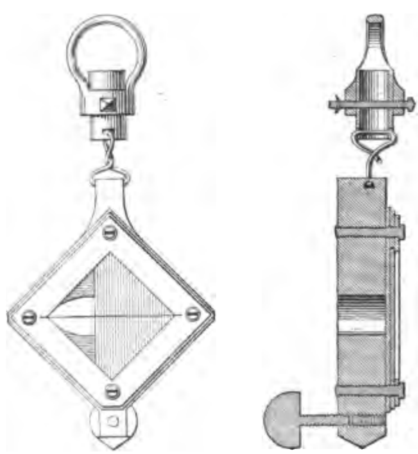
Cet excellent petit instrument consiste en un pendule à miroir plan que l'opérateur tient suspendu à la hauteur de son œil, dont il peut voir l'image à une distance double de celle du miroir et qu'il peut amener, par conséquent, à la distance

---

(1) Extrait d'une Notice de M. BUREL, lieutenant-colonel du génie, *Sur les niveaux à réflexion* de son invention (*Mémorial de l'Officier du Génie,* n° 10; 1829).

« Les niveaux à réflexion sont construits d'après ce principe que l'œil

Fig. 132.

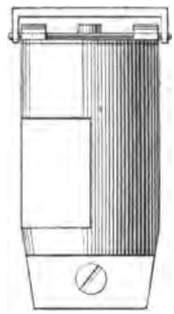


voit son image réfléchie dans un miroir vertical à une aussi grande distance derrière ce miroir qu'il en est éloigné lui-même devant, et que la

de la vue distincte. La ligne de visée ainsi obtenue est horizontale si le plan du miroir est vertical et, en arasant le bord extérieur du miroir, cette ligne de visée prolongée va rencontrer les objets éloignés ou une mire disposée au point dont on veut évaluer la différence de niveau avec la station en tenant compte de la hauteur de l'œil de l'opérateur.

On a rendu le niveau à réflexion (*fig.* 133) rectifiable, en étamant le miroir sur la moitié de chacune de ses deux faces,

Fig. 133.



Niveau Burel.

et en disposant la monture de façon à permettre le retournement. La figure fait bien comprendre comment cette condition peut être réalisée, et l'on y voit la vis de rectification qui sert à assurer la verticalité du miroir quand on le tient suspendu.

Pour obtenir plus de précision, on a aussi monté l'appareil sur un pied, et enfin, pour l'employer à la mesure des pentes, on lui a ajouté une tige à contrepoids que l'on introduit per-

---

ligne qui joint le centre de l'œil et le centre de l'image est toujours horizontale et perpendiculaire au plan du miroir.

» Les avantages reconnus à ces instruments sont dus :
» 1° A la simplicité de leur exécution et de leur rectification;
» 2° A la grande longueur de leur ligne de mire;
» 3° A leur petit volume et à leur stabilité;
» 4° A la célérité de leur manœuvre. »

Cette Notice est accompagnée de deux figures (*fig.* 132) que nous donnons à titre de documents, la construction du niveau Burel ayant été tour à tour très simplifiée et très compliquée. C'est d'ailleurs à la forme la plus simple (*fig.* 133) que nous donnons la préférence.

pendiculairement au plan du miroir dans un canon ménagé à la partie supérieure de la monture et qui peut y coulisser. Ces modifications, proposées en 1844 par le colonel Leblanc ([1]), qui compliquaient un instrument dont le grand mérite était la simplicité, ont été cependant utilisées et même encore développées pour substituer le niveau à réflexion au niveau d'eau. Mais elles ne sauraient nous intéresser ici.

2° Le *niveau à collimateur* du colonel Goulier ([2]) se compose également et essentiellement d'un petit pendule dont la tige verticale porte un collimateur, c'est-à-dire un tube de laiton à l'une des extrémités duquel se trouve une lentille convergente un peu en deçà du foyer de laquelle est tendu horizontalement dans le tube un fil de cocon, l'autre extrémité de ce tube étant fermée par un verre dépoli.

Si l'instrument est bien construit et bien réglé, en le suspendant à quelque distance de façon à présenter le collimateur à la hauteur de l'œil, l'opérateur voit le fil comme s'il était très éloigné et il peut en projeter l'image sur la campagne ou sur une mire.

Le colonel Goulier a beaucoup varié la construction de cet ingénieux instrument; il lui a donné plus de stabilité en augmentant la masse intérieure du pendule et en l'installant sur un pied pour l'employer en remplacement du niveau d'eau. Il l'a au contraire allégé et simplifié pour le rendre plus portatif, et la figure que nous donnons ci-après (*fig.* 134) est celle du modèle désigné sous le nom de *niveau-lyre* qui, articulé au milieu et replié sur lui-même, se place aisément dans un gousset.

Enfin, en remplaçant la lentille et le fil de cocon par une sorte de loupe Stanhope dont la surface convexe opposée à celle qui est tournée vers l'œil de l'opérateur est couverte par

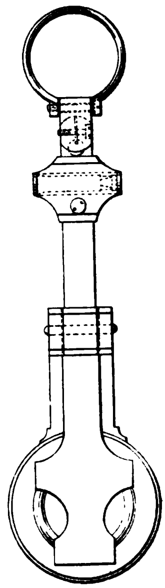
---

([1]) *Mémorial de l'Officier du Génie,* n° 14. *Note sur le niveau à réflexion de M. Burel modifié,* par M. LEBLANC, chef de bataillon (depuis colonel) du génie.

([2]) Le niveau à collimateur n'est pas un instrument à réflexion, mais il ne devait pas être séparé des deux autres qui ont le même usage et les mêmes propriétés.

l'image photographique d'une échelle de parties égales, on obtient une série de lignes de visée et l'on parvient à lire

Fig. 134.



Niveau-lyre du colonel Goulier.

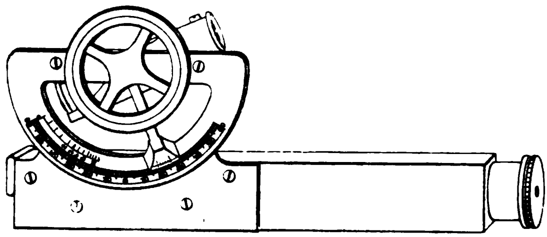
directement les pentes jusqu'à 15 ou 20 pour 100. Ce *collimateur solide avec clisimètre*, comme il est désigné par l'auteur, a sur l'autre l'avantage d'être plus stable et de rendre plus de services.

3° Le *niveau à bulle d'air à réflexion avec viseur et clisimètre* d'Abney (*fig.* 135) est aussi un instrument très portatif dont le jeu est facile à saisir.

La bulle d'air presque sphérique et d'un très faible diamètre du petit niveau se réfléchit, quand l'axe du viseur est horizontal et l'index du clisimètre au zéro, sur un miroir plan incliné à 45° et placé à l'intérieur du tube du viseur dont il prend environ le tiers de la largeur. Il est bien entendu que, pour cela, il faut que le tube du niveau soit à découvert au-

dessous comme au-dessus et qu'une fenêtre soit pratiquée à la partie supérieure du tube parallélépipédique du viseur. Si l'axe de ce viseur est horizontal, l'opérateur verra l'image de la bulle d'air bissectée par le prolongement d'un fil métal-

Fig. 135.



Niveau à bulle d'air d'Abney.

lique tendu au milieu de la fenêtre objective du viseur et dans le sens horizontal.

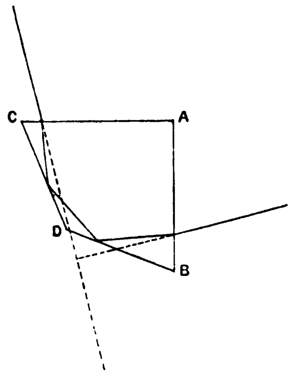
Quand l'objet sur lequel on dirige le viseur pour évaluer une pente, par exemple sur une mire dont le voyant a été fixé à la même hauteur que l'œil de l'opérateur au-dessus du point du terrain où il est en station, en agissant sur le petit volant qui entraîne l'alidade, on ramène rapidement le niveau à l'horizon pour faire bissecter la bulle d'air par le fil métallique, et la pente se lit, dans un sens ou dans l'autre, sur le demi-cercle vertical ou clisimètre.

Chambre claire de Wollaston. — Nous arrivons enfin à l'un des instruments à réflexion les plus simples et les plus précieux, imaginé en 1804 par le célèbre physicien anglais Wollaston.

Nous aurons à revenir, au commencement du Chapitre III, sur les propriétés de la chambre claire, mais ce que nous pouvons en dire, dès à présent, c'est que sa forme (celle que lui a donnée Wollaston lui-même) est celle d'un prisme à quatre faces dont deux sont à angle droit, les deux autres inclinées de 67°30′ sur chacune des premières et formant par conséquent entre elles un angle de 135°, supplément de 45° (*fig.* 136).

Il est aisé de voir, d'après cela, qu'un rayon lumineux qui entre par la face AB se réfléchit successivement et totalement sur les deux faces BD et DC et prend en sortant du prisme par la face AC une direction perpendiculaire à celle du rayon primitif. C'est cette propriété qui a été mise à profit par Bauernfeind dans l'une de ses équerres, le *Vierseitige*

Fig. 136.



Chambre claire de Wollaston.

Winkel Prisma. Mais l'idée tout à fait admirable de Wollaston, bien autrement ingénieuse et féconde que celles qui ont présidé à la confection des petits appareils dont nous venons de nous occuper, a été d'utiliser les deux réflexions successives pour redresser les images d'objets éloignés, par exemple celle d'un paysage, et de projeter ces images sur une feuille de papier convenablement placée à la distance de la vue distincte pour les y dessiner, en approchant l'œil du bord de l'arête C de son prisme. C'est cette idée qui a donné naissance à l'instrument désigné par l'inventeur sous le nom de *chambre claire* (*Camera lucida*) par analogie et par contraste avec celui de l'antique *chambre obscure* (*Camera oscura*).

La chambre claire était bien connue de tous ceux qui avaient besoin d'obtenir rapidement la vue d'un monument, ou un croquis de paysage; les architectes principalement, les paysagistes et même quelques topographes l'employaient avec

plus ou moins de succès, mais ces derniers ne s'étaient jamais avisés de s'en servir pour mesurer des angles ou des distances ni pour opérer des nivellements.

L'une de ses applications les plus fréquentes et les plus heureuses avait été faite par les micrographes qui s'en servaient pour déterminer les grossissements de leurs instruments et par conséquent l'*échelle* des dessins qu'ils exécutaient avec son secours; enfin on l'avait adaptée aussi, dès les premières années de son invention, aux lunettes ou aux télescopes, mais sans autre préoccupation que d'obtenir des images amplifiées.

Nous avons cherché à l'associer à l'*art de mesurer* en Topographie, soit en nous en tenant à l'instrument seul, soit en l'adaptant à des lunettes à grossissements variés. Après avoir fait disparaître une légère imperfection de l'instrument primitif, dans le cas où on l'emploie seul, celui du déplacement des images dû au déplacement involontaire de l'œil de l'observateur ou de la *parallaxe*, dès nos premiers essais qui datent d'un demi-siècle, nous avions été frappé à la fois de la simplicité d'un procédé qui procurait en très peu de temps des éléments de mesure en nombre considérable et de l'exactitude des résultats graphiques et numériques très facile d'ailleurs à justifier.

Ce procédé revient, en définitive, à relever *graphiquement*, sur des perspectives géométriques rigoureuses, les mesures angulaires que l'on prend habituellement une à une sur le terrain avec les différents instruments que nous avons étudiés; on le trouvera exposé plus loin dans notre Chapitre III.

Nous n'avions pas tardé d'ailleurs à appliquer le même procédé aux vues du terrain obtenues à l'aide de la Photographie, et c'est ainsi que sont nés les arts nouveaux de la *Métrophotographie* ou *Photogrammétrie* et même celui de la *Téléphotographie*, sur l'histoire desquels nous renvoyons encore le lecteur au Chapitre III de ces Recherches.

Malgré tous les avantages que l'on pouvait pressentir de la substitution des vues photographiques aux vues dessinées à la chambre claire, les débuts de la Métrophotographie furent difficiles, d'une part à cause de l'imperfection des objectifs qui entraînait la déformation des images et obligeait à réduire

le champ à la moitié de celui de la chambre claire et, d'autre part, à cause de la complication des manipulations photographiques sur le terrain.

Ils avaient été néanmoins encouragés, comme nous l'avons vu dans l'*Avertissement*, par les plus hautes autorités du corps du Génie, et c'est alors que les objectifs avaient été perfectionnés au point d'atteindre et de dépasser le champ de la chambre claire et que les procédés photographiques se simplifiaient de jour en jour, qu'une hostilité mal déguisée se manifesta et parvint à faire supprimer un service très bien organisé, peu dispendieux et qui avait déjà obtenu des résultats tout à fait remarquables ([1]).

Nous n'insisterons pas sur les motifs de cette hostilité, mais comme elle venait de ceux qui s'étaient passionnés en faveur de la Tachéométrie et qui rivalisaient de notoriété avec Porro, il nous a semblé tout à fait à propos, en terminant ce Chapitre, de faire connaître l'opinion de celui-ci sur les avantages de la Phototopographie.

Dans un Mémoire sur l'application de la Photographie à la Géodésie publié en 1863 ([2]) — ce n'est pas d'hier et nous ferons remarquer que la brigade phototopographique avait été précisément créée en 1863 et qu'elle a été supprimée en 1871, — Porro, après avoir cité nos travaux et cherché très péniblement à se mettre à l'abri des erreurs dues aux déformations par les objectifs que l'on doit considérer aujourd'hui comme tout à fait négligeables ([3]), s'exprimait en ces termes :

« Il est clair que ce moyen est principalement avantageux dans les pays de collines et dans la montagne, et beaucoup

---

([1]) Nous avons déjà cité les noms de M. le capitaine du génie (depuis commandant) Javary, et de M. le garde du génie Galibardy, qui composaient à eux seuls la brigade phototopographique et auxquels on ne reprochait que leur habileté. « D'autres, disait-on, ne pourraient pas opérer aussi bien qu'eux », et l'on décidait qu'il valait mieux renoncer à un art qui exigeait, croyait-on, une aptitude particulière.

([2]) *Notizia sulla applicazione della Fotographia alla Geodesia* (*Il Politecnico*, anno IX, 1863). Soldini; Milano.

([3]) C'était une chambre *sphérique* associée à un théodolite spécial qu'il proposait pour éviter les erreurs de déformation, dont il s'exagérait beaucoup l'importance, même à l'époque dont il s'agit.

moins dans la plaine, où il peut cependant encore rendre d'utiles services si l'on opère par les procédés de la Célérimétrie et en employant en même temps le tachéomètre.

» Ceux qui, pour les études d'un chemin de fer dans les Alpes ou dans les Apennins, auraient parcouru *une seule fois*, par exemple, les vallées du Tessin, du Blenio, du Campo et de la Cristallina, de Bellinzona à Dissentis, en employant *cinq jours et un nombre peu embarrassant de glaces collodionnées*, auraient recueilli *cent fois plus d'éléments très fidèles et très exacts* pour la rédaction et la discussion du projet de chemin de fer que n'avaient pu le faire *avec un personnel nombreux, une grande dépense et une grande fatigue, en cinq mois* de l'année 1845, les ingénieurs Carbonnazi et Porro (le soussigné) auxquels est due la première rédaction sérieuse de ce projet. »

Dans une note ajoutée à ce Mémoire, Porro disait encore que le tachéomètre lui avait cependant donné une grande avance sur les autres opérateurs, mais, poursuivait-il, « aujourd'hui la Photographie (sphérique) l'emporte à son tour autant sur le tachéomètre lui-même ». [Di altrettanto a sue vece la Fotografia sferica vince oggi lo stesso tacheometro.]

Si l'on prenait au pied de la lettre les affirmations de Porro, on voit quelle immense économie de temps et d'argent la Photographie ferait faire à ceux qui l'emploieraient au lieu et place de la Tachéométrie; mais même en faisant la part de l'exubérance du tempérament et du langage habituel de Porro, il n'est pas moins certain, et l'expérience est faite, dès à présent, dans plusieurs pays de l'Europe et en Amérique [1],

---

[1] Nous n'ignorons pas que des expériences comparatives ont été faites en Suisse avec une planchette de précision et un appareil photographique par un très habile opérateur, M. Rosemund (*Untersuchungen über die Anwendung des photogrammetrischen Verfahrens für topographische Aufnahmen, Bericht an den eidgenössischen topographischen Bureau*, von ROSEMUND, Ingenieur. Bern; 1896), desquelles on a conclu que la planchette était plus économique et faisait gagner du temps. Mais nous ferons observer que l'auteur était beaucoup plus exercé à se servir de la planchette que de la méthode photographique, et nous sommes convaincu que que s'il continuait à pratiquer la dernière, les résultats qu'il obtiendrait changeraient de signe.

que le bénéfice de la méthode photographique est considérable, et rien n'explique la résistance qu'elle a rencontrée jusqu'à présent de la part des services publics dans son pays d'origine, c'est-à-dire en France.

C'est donc l'histoire des préjugés envers la boussole et envers la stadia qui recommence, et par conséquent ce n'est plus qu'une affaire de temps. Nous croyons même qu'aujourd'hui le premier pas est fait, et l'on sait que c'est celui qui coûte le plus (février 1898).

Déjà d'ailleurs, nous l'avons dit dans l'*Avertissement*, les indépendants, dégagés de tout préjugé, ont fréquemment recours à la Photographie qui leur permet d'opérer avec toute l'exactitude nécessaire, plus ou moins rapidement, selon le but qu'ils veulent atteindre, mais toujours beaucoup plus vite que par toute autre méthode.

Nous examinerons dans les Chapitres suivants les motifs d'un autre ordre qui militent en faveur de l'emploi des vues pittoresques associées aux plans topographiques, non seulement en considération des services qu'elles peuvent rendre comme éléments de mesure, en permettant au besoin de vérifier ceux-ci, mais parce qu'elles deviendront des illustrations précieuses, dans bien des cas, pour ceux qui ont à consulter ces plans, — ce qui n'avait pas échappé aux habiles topographes des deux siècles derniers qui étaient en même temps d'excellents artistes paysagistes.

[Ici se termine le premier Chapitre des RECHERCHES SUR LES INSTRUMENTS, LES MÉTHODES ET LE DESSIN TOPOGRAPHIQUES, dont le Chapitre II (*La Topographie dans tous les temps; vues pittoresques et géométriques*) a, dès 1895, paru dans les *Annales*, 2e série, tome VII, p. 237 à 301, et *Pl. III* à *XI*.]

L'ART
DANS LES INDUSTRIES
DE LA TERRE ET DU VERRE.

CONFÉRENCE

FAITE AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS,

LE DIMANCHE 27 FÉVRIER 1898,

Par M. Lucien MAGNE,

Architecte du Gouvernement,
Professeur à l'École nationale des Beaux-Arts.

Mesdames, Messieurs,

Les industries de la terre et du verre étaient jadis classées avec celle du métal parmi les « arts du feu ». L'art du potier, si l'on en juge par les représentations de métiers figurées sur quelques tombeaux en Égypte, est aussi ancien que l'art du fondeur. L'homme a trouvé partout l'argile ou la marne argileuse qu'il a modelée de ses mains pour les objets usuels de première nécessité, et qu'il a durcie par le séchage et la cuisson.

Au point de vue de la composition chimique, le verre est, comme les divers produits de la Céramique, un silicate double formé par la combinaison de la silice avec une base alcaline et une autre base. A une température élevée, la terre, en contact avec des cendres alcalines, subit un commencement de vitrification, et c'est là sans doute l'origine des glaçures ou des

émaux que les Égyptiens et les Chaldéens ont employés pour protéger par une couverte brillante la terre dont la cuisson était souvent imparfaite.

Ces émaux étaient colorés par des oxydes métalliques, en bleu par le cobalt ou le cuivre, en jaune par l'antimoine, en brun rouge ou en noir par le fer ou le manganèse, en vert par le cuivre. La glaçure bleue était très usitée en Égypte, et les Orientaux ont conservé pour le ton bleu azuré une préférence marquée.

La terre, diversement colorée dans sa pâte même, peut varier, suivant sa composition ou le degré de sa cuisson, du blanc rosé au rouge, au brun, au gris et même au noir. La porcelaine blanche, dont la matière première est le kaolin, est une sorte de verre à transparence laiteuse.

Le grès, obtenu par la cuisson au grand feu de l'argile plastique, n'est pas transparent, et si la terre subit un commencement de fusion, sa vitrification est superficielle.

Les anciens n'ont connu ni la porcelaine ni le grès; bien que quelques poteries anciennes aient la même constitution chimique que certains grès, la cuisson n'en était pas poussée assez loin pour obtenir les qualités de dureté et d'imperméabilité qu'ont les grès japonais ou nos grès français modernes.

Les Grecs eux-mêmes, qui ont fait de larges emprunts pour la couleur aux arts orientaux, n'ont jamais pratiqué ni le vernissage des poteries par enduit plombifère transparent posé sur la terre crue, ni leur émaillage par apposition sur la terre dégourdie d'un enduit stannifère opaque.

Tous les vases grecs doivent être classés dans les poteries mates et tendres. Leur décor ne consistait qu'en engobes, c'est-à-dire en couches légères d'enduits terreux diversement colorés, appliquées soit par immersion, soit au pinceau, et adhérant à la terre du vase par la cuisson. C'est donc à juste titre que les vases grecs sont désignés sous le nom de vases peints. L'engobage est en réalité une peinture qui s'est prêtée à la décoration la plus variée. Dans quelques produits de céramique persane, l'engobe épais donne des reliefs sous l'émail.

Tantôt le potier, utilisant le ton de la terre, a peint directement des ornements géométriques très simples, par un engobe, s'enlevant suivant les cas en clair ou en foncé sur le ton de la terre. Tantôt il a engobé le vase en plein par immersion, et l'ornement a été obtenu en grattant, dans les limites de son contour, la couche d'engobe pour mettre la terre à nu. Tantôt, utilisant un procédé très ancien, celui de l'incision dans la terre crue, il a rectifié par un trait incisé le contour des ornements et des figures, dessinés d'abord par une application d'engobe au pinceau. Lorsque l'art se perfectionna dans les fabriques corinthiennes et athéniennes, on varia le décor, limité d'abord à l'application d'un ton, et pour détacher les figures ou les ornements peints on superposa par retouches les engobes blancs, rouges ou violacés. C'est ainsi qu'on distinguait par un ton blanc les chairs des femmes de celles des hommes. Peut-être ces retouches étaient-elles faites sur la terre dégourdie, car il est difficile de superposer en terre crue des engobes de différents tons.

Bien que les vases grecs les plus anciens soient généralement mats, les progrès de la Céramique s'accusent dès la fin de la période mycénienne par un lustrage des engobes qu'on ne peut assimiler ni à l'émail ni à la glaçure, puisque jamais ce lustrage n'empâte les traits incisés, mais qui paraît résulter soit du polissage de l'engobe, soit peut-être, pour le ton noir lustré, d'un commencement de fusion : la composition de cet engobe noir n'est pas bien déterminée, quoiqu'il soit comparable à quelques terres noires qu'on emploie encore actuellement (notamment en Auvergne).

Ces considérations générales sur le décor des vases peints expliquent les différences entre les méthodes appliquées à la décoration des poteries jusqu'au moyen âge et celles qui furent employées d'abord en Chine et au Japon, puis en France, lorsque la porcelaine et le grès furent préférés à la terre cuite.

A la température de cuisson des grès et des porcelaines, les tons d'argile se modifient à ce point que le ton rouge des poteries romaines tourne au gris foncé. Les couleurs qui résistent à cette température sont dues à la fusion d'oxydes

métalliques dans une couverte dont les coulures peuvent déterminer les colorations les plus chatoyantes. Le cuivre, suivant son état d'oxydation, colore la couverte, comme il colore le verre, en rouge, en bleu, en vert azuré ou en vert sombre. On voit que, malgré le petit nombre des couleurs de grand feu, le potier a, dans la manière de diriger la cuisson, des ressources infinies pour le décor de ses grès : ce n'est plus le dessin savant, ni la coloration délicate des vases peints; c'est la couleur vitrifiée, brillant par elle-même de l'éclat des pierres précieuses et capable, si elle s'applique à une belle forme, de satisfaire aux goûts de l'artiste le plus délicat.

Voici donc deux classes de produits très différents, nous permettant de constater une fois encore que le décor se modifie nécessairement avec les procédés techniques, et que tel décor applicable aux terres cuites est inapplicable aux grès, parce qu'on ne peut l'obtenir au grand feu.

Le verre peut suggérer des observations analogues.

Les vases de terre, insuffisamment cuits dans l'antiquité, étaient presque tous poreux malgré le lustrage de la terre.

Le vernis à demi brillant des poteries rouges d'Arezzo donne lieu de croire qu'il y avait là plus qu'un polissage, puisque ce vernis s'étend aux parties en relief. Cette sorte de glaçure contribuait à l'étanchéité du vase; cependant, pour contenir certains liquides, on dut préférer le verre, que les Égyptiens connaissaient et dont on retrouve les échantillons dans toutes les tombes anciennes en Égypte, en Grèce, en Phénicie ou en Italie. Les fioles de verre sont généralement translucides, et colorées parfois en bleu ou en jaune.

Lorsque, vers le IVe ou le Ve siècle de notre ère, les Byzantins imaginèrent de recouvrir les voûtes de leurs églises par une mosaïque de verres colorés, divisés en petits cubes pour se prêter à l'exécution d'ornements ou de figures, ils employèrent le verre teint dans la masse par des oxydes métalliques et assimilable aux couleurs vitrifiées qu'on employa plus tard pour le décor des grès. On détacha les figures sur un fond coloré ou sur un fond d'or, et l'on obtint ainsi une décoration d'une richesse extraordinaire réfléchissant les rayons lumineux.

Il est probable que la vue des mosaïques byzantines, des étoffes et des tapis asiatiques, éveilla chez nos ancêtres le goût de la couleur au moment où les Croisés français s'aventuraient à travers l'empire byzantin et pénétraient en Syrie avant d'occuper la Sicile, la Grèce et l'Italie méridionale, et de faire pour un temps de l'empire grec une « nouvelle France ». Mais notre Architecture renouvelait ses formes dès le milieu du XIIe siècle par l'application d'une méthode originale qui tendait à réduire les points d'appui aux piles soutenant le poids des voûtes, à parer aux poussées de ces voûtes par des contreforts et à évider les murs entre les piles pour introduire largement dans les nefs d'églises cette lumière que notre climat atténue et dont au contraire l'éclat en Orient motivait l'étroitesse des baies et le grand développement des surfaces murales.

En France, la décoration dut s'appliquer aux claires-voies, et le vitrail, mosaïque translucide, remplaça pour nous la mosaïque byzantine, exigeant un système de décoration tout différent, puisque la lumière, au lieu de se réfléchir sur la surface colorée, la traversait.

Les cubes de verre d'une mosaïque, disposés pour envelopper les formes des ornements et des figures, adhèrent par un mortier à la surface qu'ils recouvrent. Pour le vitrail, il fallait imaginer un moyen d'assembler les morceaux colorés, découpés suivant les contours du décor. Une seule matière, le plomb, était assez malléable pour épouser toutes les formes du verre découpé, et la soudure à l'étain permettait de former un réseau élastique facilitant l'assemblage dans une armature de fer des panneaux d'un vitrail et en assurant à jamais la durée. Le plomb, interposé entre les verres de colorations différentes, empêchait le rayonnement de la lumière d'un ton dans un autre et soutenait les contours par une ligne opaque. D'ailleurs l'harmonie d'une surface translucide nécessitait les oppositions franches, obtenues par des tons de valeur différente et facilitées par le sertissage en plomb.

Ainsi la mosaïque translucide tirait son effet de la transparence du verre, tandis que la mosaïque de revêtement le tirait de la lumière réfléchie à sa surface, et les deux genres de mosaïque se prêtaient à des systèmes d'harmonies colorées très

différents, que les procédés d'exécution mettent en évidence.

Les exemples que nous emprunterons aux œuvres anciennes confirmeront pour la terre et le verre, comme pour le métal, la nécessité d'approprier le décor aux propriétés techniques qui, pour une même matière, varient suivant son état.

Dans les pays d'alluvion où les matériaux de construction faisaient défaut, comme en Chaldée, la terre n'a pas été utilisée seulement pour la fabrication d'objets usuels. Façonnée en briques de dimensions régulières, elle a caractérisé un système de construction, celui de la voûte, remplaçant les plafonds de pierre ou de bois dans un pays où l'on ne rencontrait ni carrières, ni forêts.

L'argile, matière éminemment plastique, se prêtait à toutes les formes. La forme humaine était la première qui s'offrît aux regards de l'homme, et l'on remarque sur les plus anciens vases découverts en Troade ou dans les îles de la mer Égée, de grossiers essais de pastillage figurant par des boulettes de terre les parties saillantes d'une tête, ou les pointes des seins. Ces ébauches de forme humaine se retrouvent à l'origine de tous les arts, en Égypte comme en Grèce, en Italie comme au Mexique. Elles correspondent pour chaque civilisation à un état d'enfance, et lorsque la technique se perfectionne, lorsque la poterie, d'abord modelée à la main, est façonnée au tour, les premiers essais d'adaptation plastique de l'homme ou de l'animal à la décoration d'un vase tendent à disparaître.

La surface se simplifie pour recevoir un décor peint à l'aide d'engobes colorés, décor formé d'ornements géométriques ou floraux disposés par zones.

Les poteries égyptiennes ne paraissent pas avoir donné lieu au développement de thèmes décoratifs. Les objets les plus précieux, figurines ou amulettes, sont en fritte vitrifiée ou en terre sableuse, recouverte d'une glaçure bleue. Les vases des îles, ceux de l'époque mycénienne caractérisés, comme une coupe de Camiros, par la représentation d'un poulpe sur la panse du vase, étaient faits au tour. La terre paraît avoir été couverte d'un engobe blanc sur lequel se détachent en brun foncé le corps de l'animal et les bandes colorées qui l'accompagnent. Mais le tournage est limité à des pièces d'un certain volume

qui ne pourraient dépasser 1^m de diamètre et $0^m,50$ de hauteur. De grands vases tels que ceux qu'on a trouvés en Attique et dans les îles et qu'on a qualifiés, à cause de leur découverte près de la porte double au faubourg du Céramique, vases du Dipylon, étaient sûrement montés en *colombins*. C'est le nom qu'on donne aux boudins de terre que l'ouvrier assujettit l'un

Fig. 1.



Vase à reliefs de Milo.

au-dessus de l'autre suivant la forme du vase, et qu'il arrondit en serrant la terre entre ses mains, soit qu'il tourne autour de la pièce, soit que la pièce repose sur une tournette mobile. C'est le mode de fabrication qu'on emploie encore pour les pièces de grande dimension dans les fabriques de grès du Beauvoisis. C'est ainsi qu'on a dû monter les vases de terre à reliefs décorés sur une seule face et dont je ne connais que deux exemplaires, l'un (*fig.* 1) provenant de Milo, conservé au musée d'Athènes, l'autre trouvé en Béotie et récemment entré

au musée du Louvre. Le relief est obtenu ici par modelage direct sur la terre. L'anse, assez forte, est consolidée par une sorte de cloison ajourée sur la face, ne laissant libres que deux trous à la base et au sommet, sans doute pour le passage de cordes. Le sujet du vase de Milo est emprunté aux thèmes orientaux : c'est une divinité entre deux lions qui orne le col; sur la panse sont des zones superposées d'animaux passants, antilopes ou gazelles. Outre les filets saillants qui forment le cadre des sujets, on distingue sur l'anse un décor linéaire gravé, et sur le corps des animaux un pointillé figurant le pelage. D'ailleurs, le trait incisé a été employé comme un moyen de décorer les vases avant même l'époque mycénienne.

En Assyrie, ce sont les décorations géométriques qui, avec l'ornementation florale, ont reçu les plus nombreuses applications. Mais c'est l'émail coloré en blanc, en brun foncé, en gris violacé ou en jaune qui dessine les ornements, tresses ou rosaces; des cavités ménagées dans la terre, sorte de pâte vitreuse, recevaient cet émail à demi opaque, émail terreux en quelque sorte. Les rosaces provenant des fouilles de Khorsabad et recueillies au Louvre sont des échantillons intéressants de cette fabrication.

D'autres pièces de même provenance se rapprochent par leur couverte bleue des faïences égyptiennes. Ce paraissent être les extrémités de manches terminés ici par une tête de lion, là par un animal grimaçant figurant peut-être l'un de ces démons qu'on rencontre sur les bas-reliefs assyriens.

L'emploi exclusif de la terre pour la construction et le revêtement décoratif des murs ou des voûtes en Chaldée, en Assyrie et plus tard en Susiane au temps des Achéménides, avait favorisé les progrès de la fabrication des briques et de leur émaillage. Déjà dans les fouilles de Nimroud on avait découvert des fragments de carreaux de revêtement émaillés ornés de tresses, de palmettes et de boutons de lotus. A Khorsabad on avait recueilli des débris de briques émaillées dont les tons dominants sont le bleu, le jaune et le blanc. Mais rien ne laissait soupçonner avant les explorations de M. et Mme Dieulafoy à Suse l'emploi, comme revêtement décoratif continu, de briques estampées dans des moules, émaillées

de tons différents suivant les contours saillants de figures ou d'animaux, et assemblées par assises pour former des bas-reliefs colorés. Un mince cordon de terre posé en saillie dessinait de véritables cloisons où chaque ton d'émail était pour ainsi dire localisé.

La célèbre frise des Archers et celle des Lions sont les types de ce système d'émaillage sur la face des briques estampées, qui ne paraît pas avoir reçu d'application en dehors de la Susiane et de la vallée de l'Euphrate. C'était cependant le décor le mieux appliqué et le plus durable qu'on pût imaginer, puisque l'émail était incorporé en quelque sorte aux assises de la construction. La difficulté était dans le choix d'une terre suffisamment « dégraissée » et assez homogène pour éviter les déformations dues aux inégalités du retrait pendant la cuisson. Les revêtements en carreaux de faïence employés par les Arabes, les Persans et les Turcs sont indépendants des murs, et par cela même peu durables, car ils n'adhèrent aux parements que par le mortier et s'en détachent trop facilement. On peut reprocher sans doute aux frises de Susiane la monotonie résultant de la répétition d'un même motif par le moulage, mais l'artiste avait eu soin de varier alternativement les motifs d'ornements et la tonalité des émaux; il faut reconnaître d'ailleurs que la répétition sur une frise d'un même motif contribue à un effet de simplicité et de grandeur. Le parti décoratif est nettement accusé par ces contours en relief qui, dans la frise des Lions, semblent dessiner les muscles du fauve.

Les sculpteurs assyriens avaient étudié sur le vif les animaux qu'ils reproduisaient, et les êtres fantastiques sortis de leur cerveau, tels que le griffon, alliant la tête et le corps d'un quadrupède aux ailes et aux griffes d'un oiseau, sont parfaitement étudiés au point de vue de l'anatomie. C'est ce griffon assyrien, déformé par l'art grec d'Asie Mineure, qui a passé dans l'art romain, et qu'on retrouve complètement abâtardi sur les frises du forum de Trajan.

L'architecture grecque, issue d'un autre principe de construction que l'architecture chaldéenne n'a jamais utilisé la terre cuite pour la structure et la décoration des murailles,

préférant aux matériaux façonnés les assises de pierre où de marbre. La décoration architectonique en terre cuite avait été restreinte au revêtement des charpentes, tel qu'il paraît avoir été pratiqué pour le trésor de Géla à Olympie; ce décor a d'évidentes affinités de style avec le décor de l'architecture assyrienne. Ce sont de doubles tresses, des méandres rectilignes et des bandes en spirale qui sont les thèmes choisis. On distingue parfaitement l'engobage blanc appliqué sur la terre, et le trait, qui a dessiné l'ornement au compas, contournant les champs repeints par un engobe de ton brun.

Sur un fragment conservé au musée de l'Acropole, le dessin paraît avoir été tracé à la pointe avant l'engobage en blanc, car l'engobe a teinté le trait incisé. L'ornement est encore la tresse; les cercles qui la composent sont tracés au compas, et pour éviter toute erreur, des traits incisés parallèles marquent les tangentes extérieures, les lignes des centres et jusqu'à ces cannelures qui, comme en Égypte, occupent une moulure en forme de gorge très allongée.

Les progrès de la Céramique, soit pour la fabrication, soit pour le choix des formes et l'exécution des ornements, ont suivi dans l'art grec les progrès de la civilisation ionienne. Après l'invasion dorienne, correspondant sans doute aux migrations de peuples de même race qui dépossédèrent les premiers colons établis sur les côtes de l'Hellade et les refoulèrent dans les îles, c'est un décor barbare de formes rectilignes qui, dans les poteries dites du Dipylon, remplace le décor curviligne et les adaptations de flore et de faune marines qui caractérisaient l'ornementation mycénienne. Sur les poteries du Dipylon, les silhouettes humaines sont très rudimentaires, et participent des ornements en lignes droites de l'art dorien naissant.

Vers la même époque, dans les îles voisines de la côte asiatique, le décor des vases accuse, par une technique plus savante, la persistance de la tradition orientale, qui se manifeste d'ailleurs par le choix et la distribution des sujets. Sur le col, au milieu de rosaces, de palmettes et de svastikas, sont, dans des cadres ornés, des figures de femmes aux brillants costumes, alternant avec des sphinx qui brochent sur un fond

quadrillé. L'anse géminée constitue les sourcils d'une tête peinte que termine une palmette.

Un décor analogue où l'on distingue un char attelé de trois chevaux sur un fond orné se développe d'une anse à l'autre, entre deux zones d'ornements. On retrouve encore sur le pied les motifs de spires et de palmettes séparés par des fentes rectangulaires. L'extrême richesse du décor ionien se trahit par une surcharge d'ornements, perles, méandres curvilignes ou rectilignes, cannelures, feuilles triangulaires, qui forment autant de zones parallèles de ton foncé, dessinées au pinceau sur l'engobe blanc.

Si compliqué que paraisse le décor des vases peints, il est toujours adapté à la forme du vase. Le potier évite avec soin le passage d'une figure sur deux formes contiguës, réservant au pied, à la panse ou au col des ornements qui ne chevauchent pas de l'un à l'autre. C'est seulement aux époques de décadence que le potier entreprend de reproduire sur un vase, sans se préoccuper de son profil, de véritables tableaux qui sont incompatibles avec le décor rationnel des poteries.

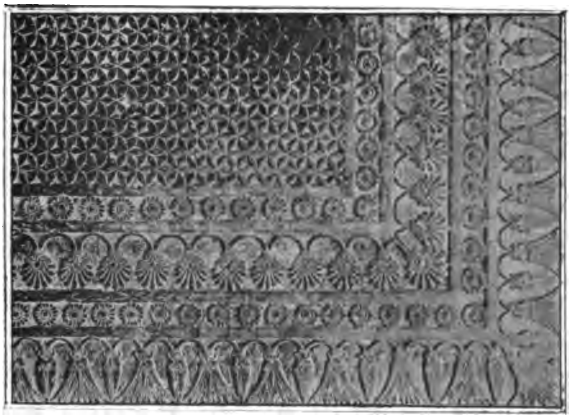
On pourrait, par la seule étude des vases peints, suivre le passage dans l'art grec asiatique des thèmes décoratifs de l'art assyrien issus eux-mêmes de l'art égyptien.

On sait avec quelle adresse les artistes égyptiens ont utilisé la tige, la feuille, le bouton et la fleur du lotus ou du papyrus, et parmi les surprises que nous réservaient les fouilles de l'École française à Delphes, il en est peu de plus intéressantes que la découverte au trésor de Cnides de palmettes alternant avec la fleur de lotus sur un linteau de porte et sur le larmier d'une corniche. C'est le thème favori des Assyriens (*fig.* 2), celui qui leur a fourni le décor des seuils de leurs palais, de ces tapis de pierre restitués par les fouilles de Khorsabad ou de Nimroud; les mêmes ornements forment en Susiane le cadre des frises émaillées.

Or, si l'on étudie les poteries recueillies à Rhodes et dans les îles voisines de la côte asiatique, ce sont encore les thèmes orientaux, fleur dérivée du lotus, tresses et rosaces, animaux fantastiques tels que les chimères, les sphinx ou les griffons, qui apparaissent sur les œnochoés, les aryballes et les coupes.

Les griffons alternent sur une œnochoé avec des animaux passants que l'artiste grec interprète assez fidèlement, réservant, lorsqu'il applique l'engobe coloré, des lignes claires qui accusent les muscles d'un animal ou dessinent les plumes d'un oiseau. Tantôt les traits sont réservés, tantôt ils sont incisés dans la terre, traversant les deux couches d'engobe et

Fig. 2.



Seuil de palais assyrien.

laissant paraître le ton de l'argile dans la largeur du trait incisé. C'est le procédé qu'employaient les potiers de Corinthe du VIe au VIIe siècle, et qui est apparent sur les aryballes du style corinthien trouvées à Rhodes et acquises par le musée du Louvre. Sur ces petits vases à parfum, l'artiste a combiné ses fleurs et ses palmettes avec des entrelacs formant une décoration très riche à l'aide de motifs qui paraissent être d'origine textile. On y distingue très nettement le procédé du trait incisé, affermissant les contours indécis dus à la superposition d'engobes colorés.

Sur des plats rhodiens ayant en guise de poignées des échancrures latérales à la manière des boucliers argiens, c'est la fleur épanouie du lotus alternant avec le bouton que le potier a interprétée pour décorer le fond du plat, et il a su

mettre en valeur, par la finesse des ornements géométriques du bord, l'ampleur du motif central.

Sur le bord d'un autre plat (*fig.* 3), on peut suivre l'évolution singulière du lotus et son interprétation linéaire par la peinture dans l'art grec asiatique. L'alternance du bouton et

Fig. 3.



Plat rhodien.

de la fleur y dessine l'ornement connu sous le nom d'*ove* et que le peintre du Parthénon interprétait de la même manière au ve siècle sur la moulure rampante du fronton.

Un autre plat, provenant encore de l'île de Rhodes, nous fait connaître l'adaptation de la palmette à une ingénieuse combinaison de tresses enlacées. Ici le trait incisé indique la superposition des lanières et complète le décor.

Telle est l'unité de l'art grec du viie au ve siècle que la céramique architecturale suit exactement, soit pour les thèmes décoratifs, soit pour la technique, les progrès de l'art du potier.

Comparez à l'une des plus belles pièces du musée du Louvre, au cratère corinthien (*fig.* 4) porté sur un pied et décoré de zones d'animaux et d'ornements, un fragment de chéneau en terre cuite découvert dans les fouilles de l'Acropole. Le

Fig. 4.



Cratère corinthien.

potier répète quatre fois sur le cratère un motif formé de palmettes et de boutons de lotus géminés. C'est le même motif, interprété plus habilement, qu'on retrouve sur le chéneau de l'Acropole et que couronne une branche de laurier. Ici, l'engobe noir paraît être appliqué au pinceau, suivant un dessin très pur, sans qu'il y ait eu un besoin de redessiner les contours par un trait incisé.

Nous reconnaîtrons le même motif, avec une interprétation différente, dans le fond d'une coupe de style cyrénéen, dont l'ornement s'enlève en noir sur l'engobe de ton orangé. Sou-

vent le peintre était assez habile pour dessiner sans retouches au pinceau l'ornement noir sur l'engobe. Ainsi, sur la coupe de style cyrénéen, la fine bordure de feuilles et de fruits de grenadier qui orne le bord extérieur est exécutée au pinceau. Les volatiles qui forment la zone principale ont seuls leurs plumes redessinées au trait.

Le défaut de la céramique grecque, à partir du ve siècle, est l'exagération des nuances de la peinture tendant à compliquer le décor par une technique étrangère à celle de la terre. Le tournage doit suffire pour donner à un vase la forme qui lui convient et la simplicité du profil est indispensable pour une pièce tournée, comme est indispensable l'adaptation du décor à la forme du vase.

Lorsque, suivant l'évolution de la peinture, le céramiste interprète sur les vases les légendes divines ou les scènes héroïques dont la poésie a fourni les sujets, le talent du décorateur, si grand qu'il soit, prête à la critique. C'est l'observation que suggère une hydrie du Louvre sur laquelle le peintre a représenté la lutte d'Héraclès et du lion de Némée.

De telles erreurs ont été rarement commises à la belle époque de l'art attique, et je ne crois pas que l'art du potier ait produit une œuvre plus exquise que cette hydrie athénienne sur laquelle sont figurées des jeunes filles venant puiser l'eau à la fontaine de Callirhoé. Le trait est très fin, et bien que réduites aux silhouettes, les figures sont expressives. Comme pour accuser la tradition orientale, ce sont des fleurs de lotus que les jeunes filles tiennent à la main.

Les plus beaux vases de Nicosthènes, par exemple celui sur lequel est figurée l'union mystique d'Héraklès et d'Athéna, sont encore décorés suivant le procédé des vases dits *à figures noires*, et si le col est enrichi par l'addition d'une figure en relief, c'est le tourneur qui a déterminé la forme du col en l'évasant simplement à l'aide des doigts.

Sur les lécythes blancs de fabrication athénienne (*fig.* 5), tantôt le personnage s'enlève en noir, tantôt il est dessiné par un simple trait qui fait honneur à la sûreté de main de l'artiste.

Les produits de la céramique athénienne ont suivi la fortune

d'Athènes, et dès le IVe siècle l'art était en décadence. C'est dans la composition des gracieuses figurines de terre cuite

Fig. 5.



Lécythes attiques.

recueillies à Tanagra ou à Myrina (*fig.* 6) qu'on peut apprécier l'extraordinaire souplesse de l'art grec et le talent des artistes qui fabriquaient par milliers ces statuettes funéraires aux poses familières, nous révélant par l'expression des figures aussi bien que par les détails du costume la société grecque élégante et raffinée de l'époque macédonienne. Mais ce sont là œuvres de sculpteur, dont la forme n'est pas dépendante du travail technique.

Nous trouverions encore dans l'antiquité, parmi les vases étrusques, des œuvres intéressantes : ce sont des vases montés en colombins et décorés par des bandes d'ornements. Ces ornements, obtenus par estampage dans un moule ou par empreinte sur la terre encore molle, forment des motifs de raccord dont l'artiste a évité la monotonie par la variété des types.

Les Étrusques étaient passés maîtres dans la fabrication des vases de terre noire, réduisant presque l'épaisseur de la terre à celle du métal; des cordons saillants appliqués sur le vase ont fourni par découpage un décor très simple, comparable à

Fig. 6.



Statuettes de Tanagra.

celui qu'on obtient aujourd'hui en ornant avec le pouce les colombins rapportés en saillie sur les vases faits au tour.

Les vases romains en terre rouge dits d'Arezzo sont les derniers produits de la céramique antique qui accusent un progrès de fabrication par la finesse et l'imperméabilité de la terre.

Pendant le moyen âge, les poteries sont plus intéressantes en Occident par la forme que par la couleur. Ce sont des terres cuites comparables pour la qualité de la terre aux vases antiques. Il convient cependant de signaler le mode de décoration qui fut le plus employé au XIIIe siècle et dont on peut citer comme types les plats de Saint-Antonin ou quelques

fragments conservés au musée de Beauvais. La terre rouge engobée en blanc était dépouillée de son engobe suivant le contour d'ornements qui reprenaient le ton rouge de la terre; la fusion d'une couverte de plomb colorait en jaune l'engobe blanc sur lequel l'ornement se détache en brun foncé. Pour les carrelages, l'engobe blanc, dessinant l'ornement, occupe une rainure creusée dans la terre.

Le défaut de cuisson et la différence de retrait entre la terre et sa couverte produisaient parfois des gerçures qui, lorsque la pièce émaillée était exposée à l'air comme cela eut lieu pour les tuiles ou les poinçons de terre cuite qu'on fabriquait en Bourgogne au xve siècle, et dont l'émail est posé sur engobe, en compromettaient la durée. C'est pour un motif analogue que les carreaux émaillés d'un travail précieux, ceux par exemple qu'on avait exécutés pour l'église de Brou, n'ont pas résisté à l'usure.

Avec la faïence émaillée commence une fabrication toute différente et se prêtant au décor le plus varié, suivant que ce décor s'applique sur engobe sous une couverte ou que la matière colorante est posée sur émail stannifère cru, fournissant le support et le fondant. Ce dernier procédé est celui des faïences arabes : le premier, employé en Perse, a été d'un usage fréquent en Italie du xve au xvie siècle dans les fabriques d'Urbino et de Gubbio.

La faïence italienne telle qu'elle a été créée par Lucca della Robbia au xve siècle et pratiquée par son école, a produit des bas-reliefs resplendissant de l'éclat d'émaux stannifères diversement colorés, tels que la célèbre frise de l'hôpital de Pistoja (*fig.* 7), mais ces belles œuvres relèvent autant de l'art du sculpteur que de l'art du potier, et leur perfection a pour condition première la perfection du modèle. Le procédé est celui qui a été employé de nos jours pour la porte de l'Exposition des Beaux-Arts, en 1878.

Ce sont les Arabes et les Persans qui, reprenant une tradition ininterrompue en Orient, utilisèrent la Céramique pour le revêtement coloré des murs de leurs mosquées et de leurs habitations, tantôt employant des plaques rectangulaires dont l'assemblage pouvait former des dessins variés, tantôt divisant

la surface à décorer en une série de petites pièces scellées sur

Fig. 7.



Frise de l'hôpital de Pistoja.

un enduit, comme on scelle les mosaïques de verre. C'est le

Fig. 8.



Plat hispano-mauresque.

procédé qui a été le plus employé du XIIIe au XIVe siècle, dans

le nord de l'Afrique, au temps des dynasties berbères, et qui de là a passé en Espagne. On en a d'admirables exemples à Grenade, dans toutes les salles de l'Alhambra.

De la même époque datent ces belles faïences dites *hispano-mauresques* (*fig.* 8), dont le vase de l'Alhambra (*fig.* 9)

Fig. 9.



Revêtement et vase de l'Alhambra.

demeure le type, et dont la glaçure à reflets métalliques a été imitée au XVe siècle dans les fabriques espagnoles, notamment à Valence.

L'usage des mosaïques de terre cuite s'était d'ailleurs répandu en Espagne et s'y était maintenu après l'expulsion des Maures. Elles forment le soubassement de la chapelle San-Fernando dans la mosquée de Cordoue.

Dès le XVIe siècle, les formes de l'architecture arabe étaient abandonnées en Espagne, bien que le goût de la terre émaillée y persistât. Mais la terre cuite y forme, comme à la porte du couvent de Santa-Paula à Séville, des revêtements par plaques décorées d'arabesques alternant avec des sculptures en relief

émaillées. C'est le procédé qui avait été employé en Italie et que nous employons encore.

L'histoire du décor des faïences françaises et étrangères du XVIe au XVIIIe siècle exigerait des développements que ne peut comporter une étude sommaire de l'art dans les industries de la terre et du verre. L'évolution décisive qui s'est produite de nos jours dans la Céramique est due à l'influence exercée dès le siècle dernier par les admirables poteries de la Chine et du Japon. Elles ont éveillé en France un goût très prononcé pour les riches colorations que donnent à la terre les oxydes métalliques vitrifiés au grand feu, sous l'action de flammes oxydantes ou réductrices. A cet égard, le décor de la terre se rapproche de celui du verre : c'est en réalité un verre coloré par les oxydes de cuivre, de cobalt ou de fer qui forme la couverte magnifiquement nuancée des poteries de grand feu.

Les applications du verre ont été d'ailleurs aussi importantes et aussi nombreuses que celles de la terre, et dès l'antiquité sa transparence a été utilisée pour la fabrication des fioles et des vases de toutes formes que nous ont conservés les tombeaux.

Pour le verre, plus encore que pour la terre, la forme du vase dépend uniquement du goût et de l'habileté professionnelle de l'ouvrier artiste qui, soufflant une masse de verre cueillie dans le creuset à l'extrémité d'une canne creuse, détermine par le soufflage et par les mouvements imprimés à la canne l'allongement ou le rétrécissement de la pièce soufflée, la décore au besoin par des fils de verre à l'état pâteux, façonnant une matière rebelle qui n'est malléable qu'à une température voisine de sa fusion.

Sans doute on soufflait aussi le verre dans des moules, et l'on pouvait obtenir ainsi des formes compliquées qu'il eût été impossible de réaliser autrement. Mais c'est le travail artistique de la main qui donne le plus de prix à ces objets délicats dont le décor est étroitement lié aux propriétés plastiques du verre à l'état pâteux.

Le verre opaque coloré par des oxydes métalliques a eu des applications multiples en Égypte et dans les arts issus plus ou

moins directement de l'art égyptien (*fig.* 10). Ce sont les pâtes de verre à base d'acide stannique qui étaient utilisées pour l'émaillage des bijoux. L'émail animait les yeux des statues, et les pâtes colorées ont servi, par un procédé analogue à celui du montage des vases en colombins, à constituer des

Fig. 10.



Fioles de verre égyptiennes.

fioles à l'aide de fils de verre superposés et soudés ensemble, dessinant par l'alternance des tons les ornements les plus délicats.

Les verriers égyptiens et phéniciens qui firent l'éducation des verriers grecs et romains avaient perfectionné les procédés techniques à ce point que la verrerie moderne ignore encore bien des tours de main familiers aux verriers d'Alexandrie ou de Sidon. Ces traditions se sont maintenues dans l'art arabe (*fig.* 11). Le verre coloré à plusieurs couches permettait l'exécution d'une décoration très originale au moyen de la

gravure qui dégageait, comme dans les pierres fines, les différentes couches suivant les contours d'ornements ou de figures.

C'est par un procédé semblable que nos verriers du XVe et du XVIe siècle ont pu réaliser sur un même morceau de verre

Fig. 11.



Lampe de mosquée arabe.

des ornements de plusieurs tons en dégageant les couches diversement colorées. Les difficultés de la gravure compliquaient singulièrement un procédé que l'usage de l'acide fluorhydrique a rendu très simple.

C'est à partir du IVe siècle de notre ère que l'emploi du verre coloré a pris une extension considérable. La mosaïque, c'est-à-dire l'assemblage de petits cubes de colorations différentes formant sur le sol ou sur une muraille une décoration continue, avait été surtout caractérisée à l'époque romaine par l'emploi du marbre, et bien que les verres cloisonnés des bijoux égyptiens constituassent de véritables mosaïques, ou

n'avait pas eu l'idée de réunir des cubes de verre colorés et de constituer, en les disposant suivant le tracé d'une composition décorative, un revêtement d'un éclat extraordinaire approprié au système de voûte qu'avait adopté l'architecture byzantine.

Le verre coulé en plateaux ou galettes et débité en cubes très petits se prêtait à l'interprétation de toutes les formes,

Fig. 12.



Mosaïques du chœur de Saint-Vital.

dont les contours étaient exactement suivis par les rangées parallèles ou concentriques.

Les conditions à remplir pour une mosaïque sont celles qui conviennent à toute œuvre, peinture murale, vitrail ou tapisserie, destinée au décor d'une surface: elle doit éviter de décomposer la surface par des plans perspectifs trop lointains, et l'occuper au contraire par une composition simple, silhouettant les figures sur des fonds lumineux et unifiant le décor par l'harmonie des tons.

Dans les mosaïques les plus anciennes, par exemple à Ravenne, au tombeau de Galla Placidia, c'est un fond bleu nuancé qui a été généralement adopté. Mais en interposant une feuille d'or entre une couche mince de verre fusible et le plateau coulé de verre opaque, on obtenait pour le fond un ton chatoyant, même dans l'ombre, et l'on enrichissait une décoration qui, s'appliquant comme on le voit à Ravenne aux murs et aux voûtes, arrondissant même les arêtes des arcs, revêtait entièrement l'édifice de la plus riche et de la plus brillante des tentures. Les mosaïques du chœur de l'église Saint-Vital à Ravenne (*fig.* 12), sur lesquelles sont représentés d'un côté Justinien, de l'autre Théodora au milieu de leur cour, sont, parmi les mosaïques byzantines, celles qui rendent le mieux compte des méthodes de composition et des procédés techniques employés au VIe siècle.

Du VIe au XIIIe siècle, la mosaïque n'a pas cessé d'être en usage dans l'empire byzantin; mais à Constantinople, comme à Salonique, les figures ont disparu sous le badigeon depuis la conquête de l'empire par les Turcs.

Les mosaïques de Grèce, celles des églises de Daphni et de Saint-Luc en Phocide, n'ont pas la simplicité des mosaïques de Ravenne. Elles appartiennent à la seconde floraison de l'art byzantin sous les dynasties macédoniennes.

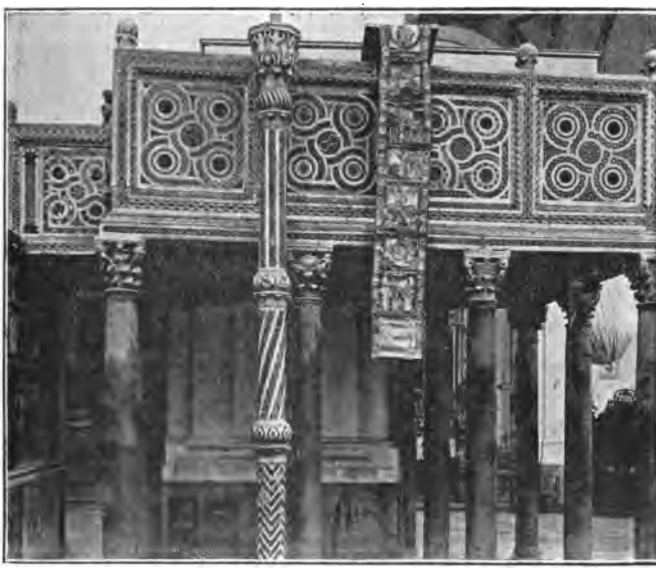
L'occupation du royaume de Naples et de la Sicile par les princes normands au XIIe siècle ne fit que développer en Italie l'art qui s'y était implanté du Ve au VIe siècle, à l'époque où les Byzantins avaient occupé l'exarchat de Ravenne et une partie de l'ancienne Grande Grèce. Les admirables mosaïques de Monreale à Palerme, notamment celle où est figurée le roi Roger II recevant du Christ sa couronne, sont parmi les plus belles.

Il semble que les Arabes aient laissé la trace de leur passage en Sicile. On peut attribuer à leur influence la décoration géométrique des mosaïques de verre, incrustées dans les appuis et jusque dans les marches de marbre, qui caractérisent l'art normand et qui se sont maintenues dans le royaume de Naples au XIIIe et au XIVe siècle, sous les princes français de la maison d'Anjou. L'ambon de Salerne (*fig.* 13) est le type de

ces décorations incrustées en mosaïque de verre dont l'usage se répandit plus tard à Rome et jusqu'en Toscane.

Mais c'est à Venise, dans l'église Saint-Marc, qu'on peut le mieux apprécier l'effet d'une mosaïque à fond d'or (*fig.* 14), enveloppant complètement les arcs et les voûtes, et surmon-

Fig. 13.



Ambon de Salerne.

tant les revêtements de marbres précieux qui garnissent les piliers jusqu'à la naissance des arcs. C'est à la fin du XIIe siècle, peut-être même au commencement du XIIIe, après la conquête de Constantinople par les Croisés de Flandre et de Champagne assistés des Vénitiens, qu'on pourrait attribuer l'exécution des mosaïques du transept à Saint-Marc. On y distingue le parti adopté pour les chairs de cubes plus petits que ceux qu'on employait pour le costume et pour les fonds. C'était un moyen pour le mosaïste d'atteindre au modelé des figures, mais la peinture permettait de réaliser à moindres frais toutes les nuances, et dès la fin du XIIIe siècle elle remplaçait partout

la mosaïque, lui empruntant même les fonds d'or qu'affectionnèrent les peintres primitifs des écoles florentine et siennoise.

Cependant le procédé de la mosaïque ne fut pas complètement abandonné. L'entretien seul des mosaïques anciennes exigeait à Venise le maintien des ateliers, et certaines figures

Fig. 14.



Mosaïques du transept de Saint-Marc.

du portail nord de Saint-Marc refaites au xvi[e] siècle, le saint Sylvestre par exemple, s'accordent parfaitement pour les procédés d'exécution avec les mosaïques primitives.

En France, la mosaïque de verre a été rarement employée. La mosaïque translucide, le vitrail, bien qu'assujettie comme la mosaïque byzantine aux lois de composition simple qui s'appliquent à toute décoration d'une surface, exigeait par sa transparence une entente particulière de l'harmonie des tons. Ici c'est par l'opposition des tons francs de valeur différente qu'on arrive à cette harmonie, et dans les vitraux les plus anciens, dont l'éclat dépasse celui des plus magnifiques tapis

orientaux, on remarque comme dans ces tapis la juxtaposition de tons très lumineux, blanc, jaune, vert clair, à des rouges foncés. En général, c'est le bleu de cobalt et le rouge de cuivre qui forment les fonds, et dans les vitraux du XIIe siècle le bleu est toujours très lumineux, plus lumineux parfois que le blanc. C'est ce que l'on constate sur les vitraux anciens des

Fig. 15.



Vitrail de la Passion, à Poitiers.

cathédrales de Châlons, du Mans, d'Angers et de Poitiers, et sur les vitraux du chœur de l'église abbatiale de Saint-Denis,

Le vitrail de la Passion (*fig.* 15), qui éclaire l'abside de la cathédrale à Poitiers, met en évidence les qualités de composition d'une mosaïque translucide. Le sujet principal, le Christ en croix, est au centre, reposant sur un soubassement quadrilobé où l'on distingue l'Arrivée des saintes femmes au tombeau et les Martyres de saint Pierre et de saint Paul. Dans les branches de la croix s'intercalent la Vierge et saint Jean, et à la partie supérieure, les Apôtres qui, la tête levée, assistent à l'Ascension triomphale du Christ. L'ajustement des anges

entre le nimbe et la bordure circulaire est un exemple de l'adaptation nécessaire d'une figure décorative à l'emplacement qu'elle occupe. Quant au parti de la coloration, il est très net : l'artiste enveloppe ses figures par un fond uni bleu ou rouge, réservant aux costumes les tons rompus, le vert, le violet, le jaune, parfois aussi le blanc ou le bleu, et dessinant par la mise en plomb jusqu'à l'anatomie de la figure du Christ.

Le plomb dessine les ornements et les figures d'un vitrail en isolant les colorations différentes, et il est aussi indispensable au décor qu'à l'assemblage des fragments de verre coloré. Il a pu même, dans les églises cisterciennes, former par la coupe du verre blanc et son sertissage une décoration suffisante.

Dans une cathédrale ayant conservé toutes ses verrières, à Chartres par exemple, on peut reconnaître l'ordonnance générale du décor par la distribution des sujets. Sur les fenêtres hautes sont représentés à l'abside la Passion, au transept la Loi ancienne figurée comme base de la Loi nouvelle par les Prophètes portant les Évangélistes, dans la nef les Saints et Martyrs : les figures sont grandes et très lumineuses, tandis que sur les verrières colorées de bas-côtés sont interprétées dans de petits médaillons circulaires ou quadrilobés les légendes des Saints.

Le vitrail de Saint Eustache (*fig.* 16) et celui de l'Enfant prodigue à la cathédrale de Sens sont des types de ces mosaïques resplendissantes, où figures et ornements se confondent dans une vibrante harmonie.

La disposition des vitraux légendaires, leurs colorations franches, se sont maintenues dans l'art français jusqu'au XVᵉ siècle, bien que, dès la fin du XIIIᵉ siècle, ainsi qu'on le constate à la Sainte-Chapelle, l'ordonnance soit moins habile, les figures plus maniérées et les ornements moins délicats.

Entre les admirables mosaïques translucides du XIIᵉ siècle et les brillantes compositions exécutées au XVIᵉ où le peintre verrier comme le peintre décorateur et le tapissier limitent leur idéal à la beauté de la forme humaine, l'art du vitrail subit une première décadence. Abandonnant l'harmonie des tons francs et inhabile encore à reproduire la figure humaine,

le peintre occupe la surface à décorer par des motifs d'architecture peints en grisaille, réduisant le sujet principal à une figure trop petite, se détachant sur une tenture colorée. A cela se réduisait dans les vitraux du xve siècle, dont nous conser-

Fig. 16.



Vitrail de Saint Eustache, à Sens.

vons les témoins à la cathédrale d'Angers ou à l'église d'Eymoutiers, l'emploi de la couleur.

Jusque-là les verres étaient tous colorés dans la masse, sauf le rouge de cuivre disséminé dans une pâte de verre bleuâtre où le ton rouge s'était développé au contact d'un verre réducteur, brassé dans la pâte vitreuse. Une seule couleur d'application, le jaune d'argent, avait fourni dès la fin du xive siècle le moyen de colorer partiellement en jaune un fragment de verre sans interposition de plomb. Vers la même époque, pour régulariser sans doute la fabrication du verre rouge, qui eût été noir en forte épaisseur, on avait imaginé de le plaquer sur un verre incolore. Peu à peu le procédé du placage s'étendit à tous les verres colorés, fournissant au peintre verrier le

moyen de modeler une figure, sans charger le verre de grisaille opaque, et de laisser passage, même dans les ombres, aux rayons lumineux.

On avait obtenu ce résultat du XIIe au XIIIe siècle en traçant les ombres par des hachures, ménageant entre elles le passage de la lumière. Mais lorsqu'à la fin du XVe siècle les progrès du dessin obligèrent le peintre à interpréter plus fidèle-

Fig. 17.



Vitrail de Saint Louis, à Montmorency.

ment la figure humaine, il fallut renoncer au procédé conventionnel des hachures. On imagina pour le dessin des chairs une grisaille de ton rosé parfaitement broyée, permettant, comme on le voit sur les magnifiques verrières de Montmorency, l'exécution d'un modelé simple par teintes plates dans lesquelles on enlevait les lumières à la hampe du pinceau, ou, si elles étaient plus fines, à l'aiguille. Quant au dessin des étoffes, on utilisait les inégalités résultant du placage pour découper la feuille de verre de manière à placer la partie foncée dans l'ombre et à obtenir un modelé transparent avant l'application du trait de grisaille.

On remarque l'emploi de ce verre plaqué, inégalement coloré, à Montmorency, dans la verrière de Charles de Villiers, dans celle de Gaspard de Coligny où est figuré saint Louis (*fig.* 17), dans celle de François de Dinteville, dans le vitrail des Saintes Femmes, dont la fière tournure rappelle la manière de Jean Goujon.

D'autres compositions aussi brillantes, notamment celles du peintre verrier de Beauvais Engrand le Prince à l'église Saint-Étienne de cette ville, attestent les qualités maîtresses de la peinture française à une époque où les tableaux de chevalet ne faisaient pas tort à la décoration monumentale, où les œuvres de la peinture française étaient les fresques, les miniatures, les tapisseries et les vitraux. L'un des sujets le plus souvent traités, l'arbre de Jessé, représentant les rois ancêtres de la Vierge, suggérait à Engrand le Prince un groupement de personnages aux costumes resplendissants, s'enlevant sur un fond bleu nuancé.

A l'église Saint-Godard de Rouen, la composition est plus habile encore et le vitrail mieux occupé. Pour éviter l'effet disgracieux des branches portant les rois de Juda, le peintre verrier en a formé (*fig.* 18) des rinceaux distribués dans les panneaux à droite et à gauche du panneau central, où il a figuré la Vierge tenant l'Enfant Jésus. Une frise ornée dissimule le passage des rinceaux aboutissant au Jessé, qu'entourent les Prophètes. Des bouquets de lis alternant avec des anges ornent le soubassement sur lequel s'appuient les figures.

La décadence très rapide de l'art du vitrail au XVIe siècle est due à plusieurs causes. La première fut l'abandon de la mosaïque translucide, caractérisée aux deux grandes époques de l'art par l'opposition des tons francs, pour l'imitation de tableaux à nuances indécises qui, n'ayant pas été composés pour une surface transparente, n'avaient aucune des qualités requises pour l'emploi du verre coloré.

Engagé dans une voie fausse, l'art déclina très rapidement. La mise en plomb qui accusait l'opposition des tons francs gênait les transitions de tons rompus. L'émail transparent employé par Bernard Palissy pour le décor de ses faïences

permettait l'apposition de plusieurs tons sur une même feuille de verre : on pouvait donc supprimer la mise en plomb ou du moins la restreindre.

Pourquoi d'ailleurs composer spécialement un carton de vitrail? Les gravures de Marc-Antoine, du Maître au Dé, du Maître à l'Étoile, couraient les ateliers, et, avec quelque habi-

Fig. 18.



Vitrail de Jessé, à Saint-Godard de Rouen.

leté on pouvait démarquer les figures, utiliser les gravures de Psyché non seulement pour les grisailles d'un château, mais pour les scènes de la vie de la Vierge dans les vitraux d'Écouen ou de Gisors; on pouvait aussi modifier adroitement une gravure d'Albert Dürer ou une gravure du Maître à l'Étoile, comme je l'ai constaté sur les vitraux de Conches. Dès la fin du XVI[e] siècle l'art du vitrail avait cessé d'exister, et c'est seulement depuis un demi-siècle qu'on travaille à le faire revivre. Il a fallu tout rétablir, depuis la fabrication des verres colo-

rés jusqu'aux procédés d'exécution du vitrail lui-même, et c'est par la restauration des verrières anciennes que s'est refait un apprentissage et que se sont reconstitués des ateliers.

Les applications du vitrail ne sont pas nécessairement liées aujourd'hui à la reproduction de formes anciennes, et rien n'interdit de varier avec les formes les harmonies colorées. S'il est un art où l'interprétation de la nature se prête au renouvellement des thèmes décoratifs, c'est bien celui dont la matière translucide, riche et précieuse par sa composition même, tire ses plus grands effets de l'harmonie des tons plus encore que du dessin. L'effet du vitrail doit être obtenu, dès le montage provisoire en plomb, par la seule opposition des couleurs et par le contour qui les enveloppe. La peinture sur verre, c'est-à-dire l'application de la grisaille opaque, doit compléter le décor par une interprétation simple du modelé d'une figure ou des plis d'une étoffe. Sinon, la grisaille opaque obscurcit le verre et fausse l'harmonie colorée.

D'importantes œuvres modernes exécutées d'après les cartons d'éminents artistes, des Luc-Olivier Merson, des Jean-Paul Laurens, des Grasset, des Besnard, des Ehrmann, ont déjà montré ce qu'on pouvait faire en appliquant suivant une composition moderne des procédés anciens qui sont invariables, parce qu'ils tiennent à la technique du verre coloré et à son mode d'emploi. Mais il est à souhaiter que les progrès de l'éducation artistique permettent à l'artiste d'exécuter l'œuvre qu'il a conçue. Ainsi faisait le regretté Lebayle. Assurément les peintres verriers dont les noms nous sont connus, les Engrand le Prince, les Robert Pinaigrier, exécutaient de leurs mains les figures de leurs vitraux, leur donnant un caractère de personnalité qu'on ne peut attendre d'une œuvre composée trop souvent comme un tableau, sans souci des obligations que connaît seul l'exécutant. C'est là qu'il faut tendre pour développer comme il convient un art absolument français, et dont les applications à l'architecture moderne renouvelleront le décor.

D'ailleurs, en étudiant les objets de petite dimension que produisent les industries de la terre et du verre, on constate ce que peut la volonté d'un artiste décidé à chercher dans les

qualités mêmes de la matière, dans le mode d'application et de fusion des émaux, dans le choix de formes appropriées au chatoiement des couleurs, les éléments d'un art nouveau. L'application à la porcelaine ou au grès d'émaux résistant au grand feu et donnant avec un seul métal, le cuivre, toute la gamme des tons depuis le rouge flammé jusqu'au blanc, en passant par les nuances du bleu et du vert, a été un triomphe pour l'industrie française. Mettant à profit les découvertes de M. Lauth dont la nouvelle porcelaine, comparable à la porcelaine de Chine, se prêtait aux belles colorations des émaux de grand feu, les artistes attachés aux manufactures de Vierzon et de Limoges ont réalisé en quelques années des progrès considérables. Déjà M. Chaplet avait obtenu des rouges flammés d'un remarquable éclat.

M. Delaherche a tiré de l'émaillage du grès des effets plus variés encore et pour lesquels l'intervention de la flamme oxydante ou réductrice dirigée par l'artiste semble capable de varier à l'infini le décor. Tel plat flammé dont le centre est devenu d'un blanc azuré, simulant dans les creux un léger plumetis; tel vase rouge décoré de traînées bleues à oxydations; tel autre vase coloré en brun pailleté sont comparables aux plus beaux produits des fabriques japonaises.

Des œuvres intéressantes, dues à MM. Lachenal, Dalpayrat, Bigot, Muller, accusent les tendances de l'art moderne vers le décor le mieux approprié à la terre : les grès de la Nièvre ont même suggéré à Carriès l'idée d'enrichir la sculpture par une polychromie très harmonieuse et très discrète?

Les applications de la terre cuite au décor de l'Architecture n'ont pas eu moins de succès. Reprenant la fabrication en terre molle travaillée à la main, M. Lœbnitz exécutait dès 1878, sous la direction artistique de M. Paul Sédille, la porte monumentale qui donnait accès à l'exposition française des Beaux-Arts : elle alliait très heureusement le ton naturel de la terre aux émaux dont un trait estampé en creux limitait le contour. Les colorations douces des émaux stannifères formaient avec le ton de la terre cuite et l'or l'harmonie la plus séduisante.

L'industrie du verre a progressé parallèlement à celle de la terre. Non seulement les émaux sur verre de Brocard ont

renouvelé l'industrie ancienne des Arabes, mais les objets de verre nuancés à tons de pierres fines de M. Gallé, aussi bien que ceux créés par M. Rousseau, sont des œuvres originales, ouvrant à l'art des horizons nouveaux.

Des résultats aussi heureux ont été obtenus dans la mosaïque, et il me suffira de citer les belles compositions de M. Luc-Olivier Merson interprétées par M. Guilbert Martin pour décorer la crypte du tombeau de Pasteur. L'artiste a su simplifier le modelé de ses figures et unifier son œuvre en détaillant par des lignes d'or, qui rattachent le sujet principal au fond, les ailes de ses anges.

En résumé, depuis vingt ans notre pays a repris le premier rang dans les industries de la terre et du verre, parce que dans chacune d'elles des artistes convaincus ont su tirer le décor le plus brillant de la matière elle-même, comprenant que cette matière, soumise à la main de l'homme, ne lui devient rebelle que s'il veut la plier à des formes irrationnelles et mal étudiées pour ses qualités.

L'ART
DANS L'INDUSTRIE DU BOIS.

CONFÉRENCE

FAITE AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS,

LE DIMANCHE 6 MARS 1898,

Par M. Lucien MAGNE,

Architecte du Gouvernement,
Professeur à l'École nationale des Beaux-Arts.

MESDAMES, MESSIEURS,

L'industrie du bois, quoique fort ancienne, dut être réduite à des combinaisons rudimentaires tant qu'un outillage subordonné au travail des métaux ne fournit pas les moyens d'équarrir les arbres, de les débiter en pièces droites de section constante et d'assembler ces pièces entre elles, soit à entailles, soit à tenons et mortaises, soit à rainures et languettes.

Sans entrer dans des considérations relatives à l'exploitation des forêts, aux conditions qu'exigent la coupe et le débitage des arbres, on comprend aisément que le bois doit, avant d'être employé, être débarrassé de la sève qui contribue à le rendre sensible aux variations de température et détermine, par l'humidité, son gonflement, par la sécheresse, son retrait.

Aussi, pour les pièces employées dans les ouvrages délicats de la menuiserie ou de l'ébénisterie, est-il indispensable que le bois, débarrassé de la sève par le flottage, ait été tout d'abord débité en pièces d'assez faible équarrissage pour que la dessiccation puisse s'opérer dans toute l'épaisseur de ces

pièces et empêcher leur gerçure. De nos jours, les échantillons des bois de menuiserie ont été déterminés par l'usage et fixent pour ainsi dire d'avance la section des pièces à employer suivant leur destination.

Dans la charpente, on débite suivant les nécessités du moment les bois équarris, que l'on conserve en piles assez longtemps pour obtenir, autant que possible, avec des morceaux de fort échantillon des bois suffisamment secs.

Chaque pays a employé de préférence les bois indigènes.

Fig. 1.



Pont construit par empilage (Cachemire).

En France, les bois de charpente ont été, outre les bois résineux, le chêne, le châtaignier et le noyer : c'est seulement de nos jours que les charpentiers ont commencé à utiliser le teck de Birmanie; jusqu'au XVII[e] siècle, les mêmes essences ont été employées pour la menuiserie et l'ébénisterie. L'emploi des bois exotiques dans l'ébénisterie n'est pas antérieur au règne de Henri IV.

Nous pouvons concevoir la hutte en branchages ou la cabane formée de troncs d'arbrisseaux non équarris comme le premier ouvrage de charpente que l'homme ait imaginé. On peut, je crois, se représenter les constructions primitives à

l'aide des maisons que construisent encore actuellement les populations à demi sauvages des hauts plateaux de l'Asie. Le bois empilé y forme la couverture des terrasses, et la solution n'a rien d'artistique. La méthode de l'empilage est encore utilisée dans le Cachemire pour la construction des ponts (*fig.* 1); les pièces superposées augmentent de longueur à chaque rangée transversale et soutiennent par encorbellement le tablier.

Les chalets, tels qu'on les voit encore en Suisse, à Zermatt ou dans la vallée du Rhône, sont aussi construits par su-

Fig. 2.



Village de Kôt dans l'Himalaya.

perposition de pièces rectangulaires, mais les madriers de chaque face du chalet se croisant à angle droit avec ceux de la face voisine, sont assemblés à entailles et forment ainsi une construction résistante. C'est un progrès sur le procédé de l'empilage et ce système a été conservé dans les pays de montagnes où les bois résineux sont abondants. C'est encore ainsi que sont construits les chalets de Norvège et ceux des hautes vallées de l'Inde, dans la région de l'Himalaya (*fig.* 2).

Dans les civilisations les plus anciennes, en Égypte comme

en Chaldée, l'emploi, ici des matériaux lapidaires, calcaire, grès ou granit, là de matériaux façonnés en terre crue ou cuite, avait restreint l'usage des bois de construction. En Égypte, le bois n'entre pas dans la structure des monuments religieux, dont les plafonds eux-mêmes sont lapidaires. En

Fig. 3.



Chapiteau bicéphale de Suse.

Chaldée, c'était des voûtes qui soutenaient les terrasses des palais. L'usage des terrasses avait persisté dans l'architecture persane au temps des Achéménides, lors même que la sveltesse et l'écartement des supports de pierre n'était compatible qu'avec des architraves et des plafonds de bois. La fourche du chapiteau bicéphale de Suse correspond évidemment à la portée d'une architrave de bois (*fig.* 3).

C'est en Phrygie et en Lycie qu'apparaissent sur les tombeaux les plus anciens (*fig.* 4) des formes de pignons caractérisant l'usage d'un comble à deux pentes ou des assemblages de bois analogues à ceux des chalets. On sait que dans les reli-

gions antiques la demeure du défunt, celle où il devait vivre sa seconde vie, était faite en pierre à l'imitation de celle où il avait vécu sa vie terrestre. Ainsi s'expliquent les formes de chalets données aux tombes lyciennes et le tracé en pans de

Fig. 4.



Tombeau lycien, au British Museum.

bois des façades de tombes égyptiennes de l'époque memphite, telles que la tombe de Bou à Saqqarah (*fig.* 5), où l'on distingue des poteaux, des traverses, des potelets de remplissage et jusqu'à des panneaux décorés par la sculpture entre les pièces principales.

C'est le système du comble à deux pentes qui fut adopté par l'architecture grecque, et l'on sait comment l'art grec sut utiliser, pour l'interprétation par la sculpture des légendes divines, la forme triangulaire du pignon qui, sur les façades opposées, terminait la charpente du comble. Cette charpente était revêtue extérieurement de terre cuite. A l'intérieur, elle

formait sans doute un plafond apparent, droit ou rampant, dont les pièces déterminaient en se croisant des caissons ou « opaïa »; les traducteurs maladroits en ont fait des ouvertures projetant la lumière mais aussi la pluie et la neige sur les objets précieux réunis dans un « naos » dont le dallage ne porte aucune trace d'écoulement d'eau. Le plafond de marbre

Fig. 5.



Tombeau de Bou, à Saqqarah.

du portique « prostasis » du Pandroseion restitue assez fidèlement la structure d'un plafond de bois.

Dans quelques monuments anciens, à Pæstum par exemple, on distingue dans les pignons au droit des murs et des files de colonnes divisant le « naos », de larges entailles marquant l'encastrement des pannes et du faîtage sur lesquels s'appuyaient des chevrons dont on reconnaît les entailles régulièrement écartées sur les corniches latérales du péristyle.

Si les plafonds de bois des monuments grecs ont disparu, on peut en reconstituer la disposition par l'analyse des plafonds de marbre. Les cadres et soffites de ces plafonds qui, au Parthénon et à l'Erechtheion, sont assemblés d'onglets comme des ouvrages de bois, ne sont que l'interprétation en marbre des poutres et lambourdes soutenant les solives qui, par leurs croisements, déterminaient les caissons. L'imitation

a été poussée si loin que, malgré l'incorporation dans une même dalle de marbre de plusieurs caissons, on a ménagé, dans la longueur de la dalle, un champ saillant masquant le recouvrement des dalles continues et figurant la solive principale.

Les bois dans les monuments grecs étaient sûrement, comme les autres matériaux de l'architecture, décorés de filets et d'ornements aux couleurs vives. L'usage en a été conservé dans les basiliques chrétiennes : on en a un exemple à la cathédrale de Messine qui possède encore sa charpente du XIIe siècle, de formes très simples mais enrichies par la peinture.

Si nous n'avons que par des témoins lapidaires des notions sur les charpentes égyptiennes, chaldéennes et grecques, nous possédons en très grand nombre, depuis les fouilles de Mariette en Égypte et celles de Botta en Assyrie, de nombreux objets en bois de cèdre dont le décor nous a révélé le sentiment artistique et l'extraordinaire habileté des ouvriers qui, soit à Thèbes, soit à Khorsabad, travaillaient le bois et en faisaient pour les objets usuels les applications les plus ingénieuses et les plus variées.

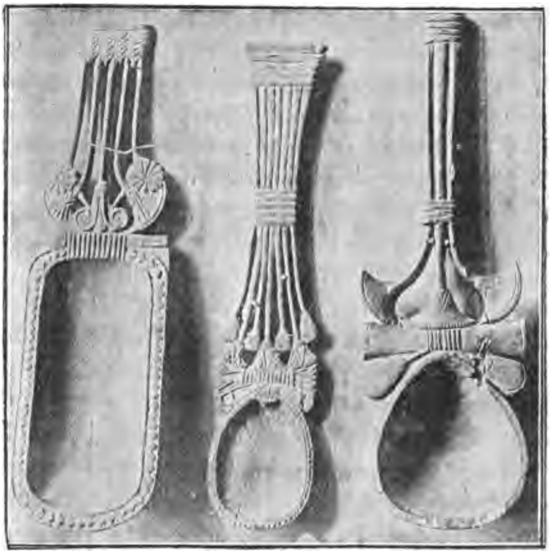
Le décor est toujours emprunté par l'artiste égyptien à des scènes familières, et il excelle à interpréter, suivant une forme décorative appropriée à la destination de l'objet, tantôt un portefaix soutenant un vase sur l'épaule, tantôt une jeune fille cueillant un bouquet de lotus, ou une musicienne sur une barque entourée de tiges fleuries de papyrus. On sait l'importance du lotus et du papyrus, fleurs de la haute et de la basse Égypte, dans les thèmes décoratifs de l'art égyptien. Lors même que la figure humaine n'intervient pas pour orner les manches des cuillers de bois, chefs-d'œuvre de l'industrie égyptienne, ce sont des tiges liées ensemble et terminées par des fleurs qui constituent le support (*fig.* 6).

Les peintures et les bas-reliefs des tombeaux faisaient déjà très large la part du lotus et du papyrus dans le décor de l'architecture égyptienne. La publication récente faite par M. Georges Foucart d'un chapiteau d'Abousir provenant d'un édifice de la Ve dynastie fait connaître l'origine certaine d'une

forme de la colonne en Égypte : c'est la réunion en un faisceau de tiges terminées par les boutons entr'ouverts du lotus ou peut-être du papyrus, reconnaissable à l'alternance des pétales nervés et à leur infléchissement sur la tige.

Le bois a d'ailleurs été utilisé dès l'époque la plus ancienne par la sculpture égyptienne. Il se prêtait à des finesses d'exé-

Fig. 6.



Manches de cuillers à tiges de lotus ou de papyrus.

cution qu'on peut apprécier sur la petite statuette de la dame Naï-Touï, recueillie au Musée du Louvre.

Les Égyptiens employaient aussi des bois d'essences différentes pour distinguer, par exemple, sur un sarcophage, la figure, faite en bois poli analogue au palissandre, du vêtement exécuté en bois de cèdre et recouvert de peintures. Dans la figure, les yeux et les sourcils étaient en émail et incrustés.

Les artistes assyriens n'étaient pas moins habiles que les Égyptiens dans le travail du bois, et bien que les objets recueillis dans les fouilles de Khorsabad soient de petite dimension, on ne peut méconnaître la belle allure des lions sculptés

à jour ou en relief sur les manches de peignes qui sont conservés au Louvre.

L'usage des constructions en charpente s'est constamment maintenu dans les régions montagneuses et boisées, en Asie comme en Europe, et lorsque l'art grec renouvelé par le christianisme imagina une disposition nouvelle des édifices religieux, couvrant par des coupoles de grandes salles pour la réunion des fidèles, la forme du naos antique et sa division en trois nefs furent conservées en Syrie, dans des basiliques couvertes par des charpentes apparentes. Les études faites par MM. de Voguë et Duthoit sur les églises syriennes ne laissent aucun doute sur la disposition de ces combles à double pente que l'architecture grecque avait constamment employés et dont l'usage s'était répandu dans l'empire romain.

Aussi n'est-on pas surpris de constater le maintien des charpentes apparentes pour la couverture des basiliques italiennes du VIe au XIIe siècle, à Ravenne comme à Rome, en Toscane comme en Sicile.

Il semble qu'en Occident l'usage du bois pour la construction des planchers, lorsqu'on superposa les étages, ait conduit naturellement à une solution artistique résultant des nécessités de la structure. Les architraves de bois permettaient l'espacement des supports, et dans l'architecture persane au temps des Achéménides, ces supports très élancés se terminaient par une véritable fourche soutenant sans assemblage les poutres transversales sur lesquelles s'appuyaient les architraves et les poutrelles secondaires qui portaient les solives. A Venise, l'espacement et la finesse des supports du premier étage au palais ducal annoncent à l'extérieur un plafond de bois.

A Padoue, au XIVe siècle, la galerie à deux étages d'un palais aujourd'hui ruiné était construite en bois et les planchers reposaient sur de fines colonnettes : on distingue encore très nettement l'arrangement des semelles moulurées, élargissant sous l'architrave la portée du tailloir, et au-dessus de cette architrave une lambourde correspondant à la hauteur des poutres et soutenant les solives.

Un système analogue a été adopté dans le royaume de

Cachemire pour la charpente de combles dont les sablières extérieures sont portées en bascule sur des consoles. La combinaison de consoles sur l'angle soutenant dans le vide l'extrémité des sablières est tout à fait comparable à celle qu'adoptait au XIVe siècle l'architecte florentin chargé d'édifier la loge du Bigallo. Les pièces superposées en encorbellement pour porter la sablière ont, dans l'Inde comme en Toscane, des formes semblables répondant aux mêmes nécessités.

Les analogies de structure ont si bien pour conséquence des analogies de formes que, nous transportant au Caire dans

Fig. 7.



Fontaine des ablutions à la mosquée du sultan Hassan.

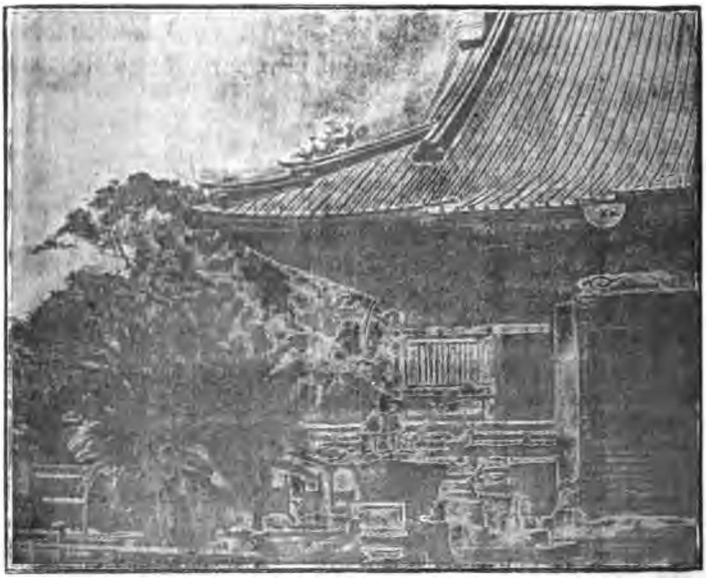
la cour de la mosquée du sultan Hassan, œuvre du XIVe siècle, nous retrouvons, sur la charpente octogonale formant abri au-dessus de la fontaine des ablutions, des corbelets soutenant les pièces de bois qui relient les supports, et en diminuant la portée (*fig.* 7).

Les combinaisons du bois dans l'architecture arabe se rapprochent sensiblement de celles qui furent adoptées en Eu-

rope et particulièrement en France au moyen âge : elles reposent sur le système d'assemblage à tenons et mortaises des poteaux et architraves.

En Extrême-Orient, au contraire, c'est le mode de construction par encorbellement et par assemblage à mi-bois qui a prévalu dans les temples bouddhistes du Japon (*fig.* 8). La

Fig. 8.



Temple bouddhiste au Japon.

forme de fourche subsiste pour le couronnement des poteaux, et deux fourches croisées assemblées à entaille avec le poteau et avec les semelles, sur lesquelles repose la maîtresse poutre, constituent l'appui le plus solide et le mieux approprié à la charpente saillante d'un comble. Il y a lieu de remarquer le soin qu'ont pris les Japonais de préserver contre les chocs et l'humidité, par une capsule de cuivre repoussé, le pied des poteaux. A juger de la persistance de certaines formes en Chine et au Japon, on serait porté à croire que l'art persan

sous les Achéménides avait eu quelques points de contact avec les arts de l'Extrême-Orient. N'est-il pas singulier de retrouver aussi le même mode de construction et presque le même décor dans les anciennes églises de Norvège, à Borgund, par exemple?

Aucun peuple n'a poussé plus loin que les Arabes la perfection des ouvrages de bois, et partout où ils ont séjourné, cette perfection est manifeste dans toutes leurs œuvres. Les combinaisons de lignes droites ou courbes qui sont la base de toute décoration dans l'art arabe se prêtaient à l'assemblage, compliqué en apparence, mais assez simple en réalité, de pièces similaires assemblées entre elles tantôt à claire-voie, ainsi qu'on le constate au Caire sur le soubassement et la balustrade du Member de la mosquée de Touloun, tantôt avec des panneaux de remplissage. Dans le premier cas, les polygones résultant du tracé forment un véritable grillage de pièces assemblées et chevillées. Dans la balustrade, le grillage est rectangulaire et le bois évidé seulement entre les assemblages forme par la répétition des motifs l'élégante clôture ajourée dont les moucharabiehs du Caire sont les remarquables exemples. Ces clôtures forment des panneaux montés dans de grands châssis verticaux que soutient un plancher en encorbellement.

C'est vers le XIVe siècle que l'art arabe a produit dans le nord de l'Afrique et en Espagne ses chefs-d'œuvre de charpente et de menuiserie. Les plafonds de la mosquée de Sidi-el-Hallouy à Tlemcen, que Duthoit a relevés, sont aussi remarquables par la composition décorative que par la structure des cadres ajustés sur les poutrelles.

Les portes qui ferment sur le patio des Lions, à l'Alhambra de Grenade, la salle des Abencérages et la salle des Deux-Sœurs, sont d'une exécution plus remarquable encore (*fig.* 9). La membrure de la porte s'accuse par les cadres moulurés dont les assemblages en figures géométriques déterminent des panneaux enchâssés dans les rainures des cadres. Ce sont ces panneaux que l'artiste a décorés de fleurettes et d'arabesques du travail le plus délicat. Les armatures de bronze appliquées sur les traverses embellissent encore ces magnifiques portes de cèdre.

Les Arabes ont toujours mis en pratique la méthode la plus rationnelle pour les combinaisons de charpente et de menuiserie, mettant en évidence la fonction de chaque élément de l'œuvre. Ainsi les battants et traverses des portes restent lisses; les cadres décorés dans la largeur du champ par des rainures et sur les rives par un profil très fin, s'assemblent d'onglet sur ce profil et sont réunis en se chevauchant de deux en deux

Fig. 9.



Alhambra de Grenade. Porte de la salle des Deux-Sœurs.

pour augmenter la résistance du gril, dans lequel sont encastrés des panneaux purement décoratifs. C'est la méthode qui fut appliquée constamment en France du XIIIe au XVIe siècle, et dont l'abandon au XVIIe siècle a déterminé la décadence de l'industrie du bois.

Au XIe siècle, les portes de la cathédrale du Puy sont encore formées de planches juxtaposées, et bien que la sculpture à faible relief qui les décore laisse libres les champs où s'appliquent les ferrures, l'art tient peu de place dans cette combinaison décorative.

Les pentures constituaient au XIIe et au XIIIe siècle le décor principal des portes : elles attachaient par des clous à tête saillante les planches du revêtement à la membrure, formée de battants, de traverses et d'écharpes. Ce système ne se prêtait pas à des combinaisons de menuiserie décorative, et c'est seulement à partir du XIVe siècle qu'on appliqua à la construction des portes les méthodes usitées pour l'assemblage des

Fig. 10.



Hôtel-Dieu de Beaune.

pans de bois d'une façade. Ces pans de bois, élevés le plus souvent par encorbellement successif des planchers, étaient formés de poteaux principaux assemblés dans les sablières, de bâtis correspondant aux vides des croisées, de traverses et de potelets de remplissage. On en a un magnifique exemple à l'Hôtel-Dieu de Beaune, œuvre du XVe siècle (*fig.* 10). Certaines villes, entre autres Lisieux, ont conservé des rues entières formées de maisons en pans de bois dont les pignons et les lucarnes projettent sur le ciel des silhouettes très pittoresques. Une maison d'Angers, la maison d'Adam, montre le

parti que l'architecture française avait su tirer des constructions en pans de bois.

Si compliqué que fût le décor à la fin du xve siècle, il se maintenait toujours dans les limites qu'assigne à la construction la largeur moyenne des planches qui, en raison de leur faible épaisseur, ne peuvent guère dépasser $0^{m},30$. Il appartient donc à l'artiste d'éviter toute combinaison de bois qui tendrait à faire mauvais emploi de la matière en nécessitant l'exécution de panneaux en plusieurs morceaux collés : le collage inacceptable pour une combinaison de bois apparent, empêche le jeu indispensable d'un panneau dans les rainures de son bâti.

La construction des grandes cathédrales couvertes par des combles en bois et l'exécution pour la défense ou l'attaque des places fortes de hourds en charpente, nécessitant les systèmes les plus ingénieux d'assemblage et de montage des bois en bascule, avaient contribué en France au développement d'une industrie qui, jusqu'au milieu de notre siècle, eut une importance considérable.

Contrairement aux dispositions simples des charpentes antiques, on cherchait à utiliser des bois de grande longueur, mais de faible équarrissage, en les raidissant à l'aide de pièces inclinées, liens, écharpes ou croix de Saint-André, qui dessinaient par leurs assemblages à mi-bois ou à tenons et mortaises des triangles indéformables. Dans les charpentes anciennes de l'hôpital Saint-Jean à Angers, les chevrons consolidés par des blochets, des liens et des entraits retroussés constituent de véritables fermes dont la répétition donne à la charpente, vue du sol, l'aspect d'une carène de navire renversée. A l'église San-Fermo Maggiore de Vérone, la voûte de bois est formée par des planches clouées sur les chevrons et subdivisée par des champs formant caissons.

Les flèches en bois appuyées sur les charpentes des cathédrales françaises exigeaient aussi un système d'enrayures, c'est-à-dire d'assemblage dans les pièces principales, poutres ou entraits, de pièces secondaires, entre-toises ou goussets qui reliaient les pièces principales et soutenaient les poteaux formant la base de la flèche.

Plus la portée augmentait, plus il était difficile de trouver des pièces de bois suffisantes pour franchir le vide entre les points d'appui. C'est ainsi qu'au XVIe siècle Philibert Delorme avait été conduit à imaginer un système de fermes légères formées de planches contiguës à joints chevauchés et assemblées par des clefs en bois. Ce n'était là sans doute qu'un expédient, mais jusqu'à l'emploi du fer il a facilité la couverture de vastes espaces par des pièces de faible section.

La construction des planchers exigea de même l'emploi de combinaisons savantes pour suppléer à l'insuffisance des poutres qui, même débitées dans des arbres de dimension inusitée, ne pouvaient dépasser pour un équarrissage à vives arêtes de $0^m,60$ au maximum, une longueur de 10^m à 12^m. Il fallait donc constituer, à l'aide de pièces superposées de moindre grosseur et rattachées entre elles au moyen de poinçons et d'écharpes, une véritable poutre armée. J'ai constaté l'existence de poutres de ce genre au château de Serrant : elles portaient un plafond à caissons de bois faisant partie des constructions du XVIe siècle.

Les plafonds à caissons dérivaient d'un système très simple : le plancher d'une salle était primitivement divisé en travées, qui ne dépassaient guère 3^m, par des poutres portées sur les murs, mais soutenues par des corbeaux de pierre afin de parer au danger de l'échauffement et de la pourriture des bois encastrés dans le mur. La conservation des bois à l'air libre peut avoir une durée indéfinie, tandis que noyé dans le mortier ou le plâtre le bois se corrompt très rapidement. C'est pour ce motif que dans l'architecture française on avait soin d'établir en saillie sur des corbelets de pierre, parallèlement aux poutres, des lambourdes de bois, afin d'éviter le scellement des solives dans les murs.

Les solives portées sur les poutres déterminaient, par leur écartement régulier, des caissons allongés, dont le fond formé par une planche était souvent rehaussé de peintures. La largeur des planches fixait l'écartement des solives. Cette disposition logique, appliquée dans l'art arabe comme dans l'art français jusqu'à la fin du XVe siècle, ne fut pas abandonnée lorsqu'on imagina au XVIe siècle, pour revenir à la tradition

antique, de composer des plafonds à caissons carrés en supprimant les solives. Tel le plafond du Palais de Justice de Dijon, restauré d'après les dessins de M. Lisch. Les poutres transversales portées sur des corbeaux sont assez rapprochées pour former par leur croisement avec des pièces secondaires des panneaux carrés dont la partie centrale est réduite par des champs moulurés assemblés d'onglet. Les poutres et les pièces secondaires sont ornées de rinceaux et d'arabesques, et le fond est garni d'armoiries.

Telle a été l'origine des plafonds à caissons qui, construits d'abord à l'aide des poutres elles-mêmes, sont devenus avec le temps, comme on le voit à la salle des assises du Palais de Justice de Rouen, de véritables lambris appliqués sur des poutres et réduisant ces poutres à la fonction d'armatures dissimulées. A Serrant, le lambris n'est plus formé que de moulures fixées sur un plafond en planches et réunies par des champs qui composent, avec les moulures, des cadres saillants suivant un tracé géométrique. Le plafond de la galerie de Henri II à Fontainebleau est mieux conçu au point de vue de la construction : ce sont, en effet, les poutres et leurs goussets qui déterminent les caissons octogonaux. Mais on tendait de plus en plus à masquer par le lambris l'armature qui le portait.

De là à dissimuler la charpente du plafond sous un enduit de plâtre, il n'y avait qu'un pas, et à partir du XVIIe siècle le plafond n'est plus qu'une surface de plâtre se raccordant avec les murs verticaux par des voussures ou des corniches, tandis que les planchers réduits à des combinaisons misérables de bois défectueux ne sont parvenus jusqu'à nous qu'à grand renfort de plaques de fer.

L'exemple suffit, je crois, à prouver qu'il est nécessaire d'accorder toujours le décor avec la structure et d'utiliser les qualités de la matière. L'étude des ouvrages de menuiserie confirmera cette nécessité.

La combinaison de bâtis et de traverses moulurées encadrant des panneaux sculptés s'était maintenue pour les portes et les lambris au début du XVIe siècle. Les exemples sont nombreux en France et dans les pays voisins. On pourrait citer les portes

de l'église de Gisors, dont les panneaux sculptés représentent l'Adoration des Rois Mages, ou encore les lambris des meubles disposés dans la galerie qui précède la salle du Chapitre à la cathédrale de Tolède (*fig.* 11).

D'ailleurs, si le goût pour l'art antique se manifestait dans toutes les œuvres au début du XVI[e] siècle, les traditions de bonne construction se maintenaient dans les corps de métiers

Fig. 11.



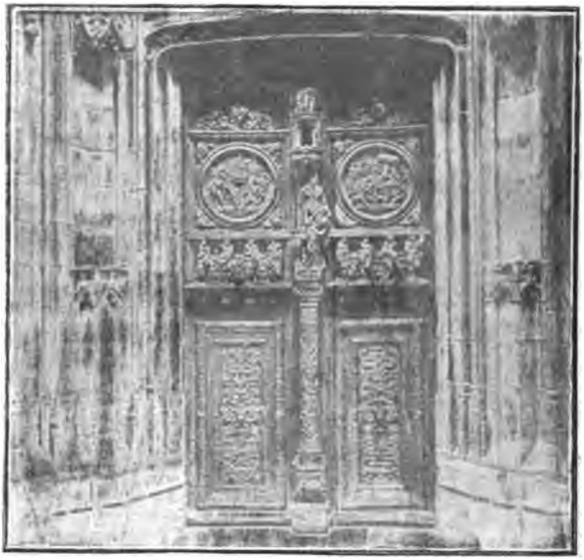
Lambris de la salle capitulaire, à Tolède.

et s'imposaient aux artistes lors même qu'ils imaginaient l'œuvre la plus originale et la plus éloignée, du moins en apparence, de ces traditions.

Les admirables portes de Jean Goujon à l'église Saint-Maclou de Rouen (*fig.* 12) ne ressemblent sans doute ni par la composition, ni par le décor, aux portes antérieures. Cependant l'artiste, en assemblant dans de grands cadres les panneaux de chaque vantail, a pu réduire la largeur de ces panneaux à celle d'une planche et y comprendre un décor en relief en ménageant sur les rives le champ nécessaire au jeu des lan-

guettes. Chaque vantail forme, en réalité, un assemblage de battants et de traverses entre lesquels l'artiste a distribué ses panneaux tantôt en largeur, tantôt en hauteur, suivant les besoins de sa composition, mais en comprenant toujours le décor de chaque pièce dans la limite des assemblages. L'artiste a varié très heureusement ses effets en garnissant par des

Fig. 12.



Rouen. Porte principale de Saint-Maclou.

figures de haut relief le panneau compris entre les deux traverses d'imposte et en ornant par des arabesques très peu saillantes les panneaux correspondant au guichet.

Les artistes du XVIe siècle n'ont pas toujours montré la même habileté dans le travail du bois. Ainsi, au transept sud de la cathédrale de Beauvais, bien qu'on retrouve encore un cadre formé de montants et de traverses enchâssant des panneaux, ces panneaux trop larges et faits de deux pièces sont tous disjoints, et la porte double est loin de satisfaire aux nécessités techniques d'un ouvrage de menuiserie. La même faute a été

commise à Essomes (Aisne), dans la combinaison des lambris du chœur.

Cês défauts ont toujours été en s'exagérant du XVIIe au XVIIIe siècle, et les portes construites dans cette période ne s'accordent même pas pour leur structure avec le décor en relief qui est figuré à leur surface et qui, à en juger par l'ouverture des joints, paraît sculpté dans du bois massif.

Cependant les nécessités de construction exigeaient pour les ouvrages de bois, même décorés à l'antique, des dimensions et des saillies qui les caractérisaient. C'est ainsi que dans la chapelle du château d'Écouen, l'appui à claire-voie de la tribune est formé d'une ordonnance ionienne, soutenue par une maîtresse poutre simulant un entablement dorique et portée en bascule sur de robustes consoles de pierre, véritables encorbellements dont le raccord avec la poutre est obtenu par un motif de bois sculpté.

A l'église de Taverny, un buffet d'orgue contemporain, étudié pour laisser la montre apparente, a son soubassement formé d'une ordonnance de pilastres comprenant entre eux des panneaux sculptés, tandis que la partie haute n'est qu'une claire-voie que décorent des consoles et des cartouches sculptés à jour.

C'est surtout dans la construction des stalles d'églises, dont les dossiers formaient un dais continu, qu'on peut apprécier l'extraordinaire habileté de nos menuisiers et le soin qu'ils prenaient, quelles que fussent la complication des formes et la richesse des sculptures, de maintenir sans changement le mode de construction des stalles, la division des montants, l'évidement des pièces d'appui qui les reliaient, la disposition ingénieuse des miséricordes.

Du XIIIe au XVIe siècle, les stalles de chœur, celles de Poitiers comme celles de la Chaise-Dieu, celles d'Amiens comme celles de Brou, ont conservé leurs formes et leur décor caractéristiques.

Ce qui change, c'est le style des ornements sculptés, ce sont les profils des moulures. Encore, sur les magnifiques stalles de Gaillon recueillies à Saint-Denis (*fig.* 13), les pinacles à crochet alternent sur les montants du dossier avec

les chapiteaux, et si le décor en marqueterie, c'est-à-dire en mosaïque de bois d'essences diverses, révèle l'influence d'un art pratiqué dans l'Italie du nord, notamment à Vérone, la structure est toute française et met en évidence les procédés logiques d'assemblage qui donnent tant de prix à notre mobilier du moyen-âge et de la Renaissance.

En Espagne où, jusqu'au XVIe siècle, l'art français inspire

Fig. 13.



Stalles du château de Gaillon, à Saint-Denis.

toutes les œuvres qui ne procèdent pas de la tradition arabe, les stalles, celles de la cathédrale de Saragosse, par exemple, sont absolument construites et ornées comme les stalles des églises françaises.

Par sa résistance dans le sens des fibres, par son aptitude au tournage, le bois s'est prêté à l'exécution de clôtures ajourées dont le mérite résulte précisément de la finesse des supports ou des traverses et de l'élégance des profils.

N'est-ce pas une qualité essentielle pour la rampe d'un escalier, et le nom de *main courante* donné à la pièce de bois

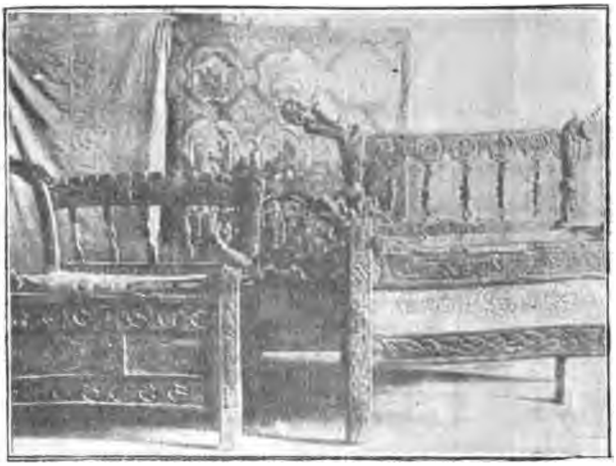
qui assemble des balustres ne devrait-il pas mettre en garde l'architecte contre l'épaisseur excessive donnée trop souvent de nos jours à une pièce qu'on doit tenir dans la main? C'est le danger de l'imitation des formes, conséquence d'un enseignement abstrait. Un balustre de bois ne saurait avoir les dimensions d'un balustre de pierre sans nécessiter l'emploi de bois de charpente, sans exiger pour l'appui des épaisseurs excessives nuisibles à la conservation du bois et s'accordant mal avec la destination d'une main courante. Cependant la construction de nos escaliers à la française ménageant des paliers au départ de chaque volée, combinant l'assemblage des limons dans les poteaux, soutenant en bascule sur des consoles les poteaux assemblant les limons, se prête aujourd'hui comme jadis aux solutions artistiques les plus variées, à condition toutefois d'étudier les marches et contre-marches pour les laisser apparentes, et de ne pas masquer par de grossières fourrures soutenant un plafond rampant de plâtre le mouvement des marches qui contribue naturellement à l'effet décoratif d'un escalier.

Pendant le XVIe siècle, les méthodes d'assemblage et de décor rationnel s'étaient maintenues en France dans l'industrie du bois. Mais dès le début du XVIIe siècle l'influence de l'art italien se manifeste par le goût pour les bois exotiques et pour les placages que nécessitait l'emploi de ces bois. L'Italie et la Hollande, par suite de leurs relations commerciales, avaient les premières utilisé l'ébène provenant des côtes d'Afrique, le palissandre du Brésil, l'acajou de Saint-Domingue, le bois de rose, le citronnier, etc., et déjà au XVIe siècle la marqueterie, telle qu'on la pratiquait à Vérone, avait été employée pour le décor de panneaux aux châteaux de Gaillon et d'Écouen.

On commença dans le Milanais à incruster l'ivoire dans l'ébène : on obtenait ainsi une polychromie discrète qui pouvait mettre en relief les qualités des maîtres dessinateurs de l'école milanaise. Après ce premier essai, on incrusta dans le bois des mosaïques de marbre et des pierres fines : ce fut une orgie de couleurs dans laquelle le bois disparaissait peu à peu.

Le mauvais goût italien se propagea en France avec l'architecture dite des Jésuites. On commença, comme on le voit au portail de l'église Saint-Paul-Saint-Louis, à donner aux portes de bois des formes de pierre, et les meubles, lourds d'aspect, furent enrichis par des incrustations d'abord de marbre, puis d'écaille transparente posée sur un fond bleu ou rouge. On orna les angles, les montants, les panneaux d'appliques de

Fig. 14.



Meubles du musée de Copenhague.

bronze. Plus tard, on couvrit toute la surface de laques à l'imitation des laques de la Chine et du Japon. Tout ce décor exotique, ayant pour but d'enrichir le bois, avait pour conséquence la négligence et l'imperfection des assemblages, c'est-à-dire des combinaisons appropriées au bois dont dépend non seulement l'effet, mais la durée d'un lambris ou d'un meuble.

Ainsi se formèrent à côté de l'ébénisterie des industries toutes nouvelles dans lesquelles le bois ne fut que le support d'une autre matière. Peu importaient les assemblages, puisqu'ils devaient disparaître sous des revêtements de mosaïque, d'écaille, de laque ou de peinture au vernis.

Sans vouloir vanter outre mesure les meubles primitifs en bois que conserve le musée de Copenhague (*fig.* 14), on ne peut nier que par la structure et le décor ils n'accusent mieux le travail du bois qu'un de ces jolis meubles construits sous Louis XV (*fig.* 15), dont le décor en laque passe du tiroir sur le pied, si bien que le moindre jeu dans les tiroirs

Fig. 15.



Meuble Louis XV couvert en laque. Palais de Fontainebleau.

cisaille l'ornement, et que les poignées ou les entrées de cuivre tombent au hasard sur les fleurs.

Le mérite de l'ébénisterie aux XVIIe et XVIIIe siècles a consisté dans la création de formes souples plus favorables au repos du corps que les meubles à dossier rigide usités concur remment avec les meubles pliants jusqu'à la fin du XVIe siècle. Les meubles étaient recouverts de coussins en riches étoffes de brocard, de brocatelle, de velours; ces étoffes n'étaient pas fixées aux fauteuils et aux canapés, comme cela eut lieu plus tard, lorsque se généralisa l'usage des tapisseries. Assuré-

ment, si l'on compare une chaise de la fin du XVIe siècle garnie de cuir frappé (*fig.* 16) à un fauteuil bas, à bras infléchis, du règne de Louis XIV (*fig.* 17), on ne peut méconnaître les progrès accomplis dans la forme au point de vue du bien-être.

Fig. 16.



Chaise de la fin du XVIe siècle. Musée de Cluny.

D'ailleurs le bois, quoique doré, a les épaisseurs et les profils qui lui conviennent.

Sous Louis XIV, on n'avait pas abandonné complètement les méthodes d'assemblage, et si l'on peut critiquer sur un meuble de Versailles la largeur des panneaux motivée par les appliques de bronze, la construction est encore mise en évidence, et le travail du bois ne disparaît pas complètement.

Une armoire de Boulle conservée au Louvre (*fig.* 18) est ornée avec tant de goût par des rinceaux incrustés de cuivre et d'écaille, qu'on ne songe pas à critiquer une composition

dont l'ampleur était incompatible avec les assemblages logiques de la menuiserie.

C'est par les mêmes qualités que se distingue un cadre de glace à écoinçons et couronnement en bois doré recouvrant des arabesques exécutées par incrustations de cuivre et d'écailles : il est conservé au château de Serrant.

Fig. 17.



Fauteuil Louis XIV.

L'usage de la peinture appliquée en plein sur les lambris et sur les bâtis des meubles tendait à substituer à la sculpture sur bois une matière plus traitable, mélange de colle et de plâtre qui, tout d'abord, servit à compléter pour la dorure la sculpture sur bois qu'on laissait à l'état d'ébauche comme ne devant pas être apparente. Ce fut le commencement des pâtes dont on a tant abusé, et qui ont vulgarisé misérablement les décorations charmantes appropriées à la société élégante et frivole du XVIIIe siècle.

C'est par la jolie ciselure des bronzes que se distinguent les

meubles contemporains de Louis XVI et ceux qu'on exécutait en acajou massif avec appliques de métal sous le premier Empire.

L'industrie du meuble est peut-être celle qui a le plus souffert du défaut d'éducation artistique et de la manie d'imitation qui sévissent encore.

Fig. 18.



Armoire de Boulle. Louvre.

La mode a varié du style Louis XIV au style Henri II, puis du style Louis XVI au style Louis XV, en passant par le Japon, sans que personne parût se douter qu'il y avait autre chose à faire qu'à copier des formes, et qu'on pouvait avec les assemblages du bois trouver des combinaisons appropriées aux besoins actuels et faites spécialement pour des Français du XIX[e] siècle. Il serait cependant équitable de tenir compte des tentatives qui ont été faites et qui témoignent sinon d'une originalité absolue, du moins d'un goût très sûr et de la connaissance des dispositions qui conviennent le

mieux aux assemblages et à la décoration du bois. Ici c'est un joli meuble en noyer exécuté sur les dessins de M. Sédille et dont les bas-reliefs sont de M. Allar. Là, c'est une vitrine de M. Chevrie dont les montants formés d'attributs guerriers, les bas-reliefs en applique de soubassement et le trophée de couronnement concourent à un effet d'ensemble.

Que de ressources ne pourrait-on pas tirer des combinaisons de menuiserie pour les plafonds, les lambris, le revêtement même des grandes cheminées, si l'on se décidait à donner au bois les formes qui lui conviennent, à établir les bâtis en vue de la structure sans les surcharger d'ornements, et à réserver au contraire les délicatesses des ornements sculptés aux panneaux compris entre ces bâtis, et dont le rôle décoratif est justifié par la construction. Dans le salon d'un hôtel, avenue de Villiers, les murs et plafonds sont ainsi lambrissés en menuiserie d'assemblage, réservant entre les baies, du lambris à la corniche, la place de peintures décoratives qui s'harmonisent avec le décor des panneaux de la cheminée et du plafond. Ne peut-on aujourd'hui comme autrefois trouver dans l'ajustement de cadres et de panneaux le moyen d'éviter les grandes surfaces collées qui se disjoignent et dont l'agencement défectueux tend à remplacer les cadres assemblés par les cadres cloués ?

Sans prétendre citer comme des exemples des portes d'hôtels exécutées avenue de Villiers ou rue Saint-Dominique, il me semble qu'elles démontrent au moins la possibilité de faire aujourd'hui comme jadis des œuvres originales à l'aide de combinaisons de menuiserie et suivant les dimensions qui conviennent au bois.

Depuis l'adoption presque exclusive du fer pour les planchers et les combles, l'emploi du bois en charpente est réduit généralement aux escaliers et aux lucarnes. Peut-être faut-il le regretter, car le pan de bois apparent fournissait à l'artiste l'occasion d'une construction très rationnelle et très durable, permettant, comme on le fit à Beauvais, l'alliance de la terre émaillée avec le bois pour les remplissages, et se prêtant par l'emploi de pièces longues, poitrails et sablières soutenant par encorbellement les poteaux, à l'ajourage complet d'une façade.

Actuellement encore, l'obligation de l'emploi du bois pour le chevronnage des combles facilite l'exécution d'auvents saillants formés par le prolongement des chevrons portés en bascule sur une sablière que soutiennent des potences de bois.

La construction d'une tribune n'est pas moins favorable à l'emploi rationnel et décoratif du bois. Voici une tribune construite à l'église de Montmorency : pour éviter les scellements dans des piliers anciens, il était nécessaire de soulager la pièce principale au moyen de semelles et de liens en charpente. Sur cette pièce portent des poutres appuyées du côté du mur sur des corbeaux en pierre. De petites poutrelles transversales prennent appui sur ces poutres et portent les solives, dont la saillie soutient en encorbellement la balustrade de la tribune. Une passerelle met en communication la tribune avec l'escalier du clocher.

Ainsi des nécessités de construction peuvent contribuer au choix des dispositions qui varient constamment avec les programmes, et généralement la solution originale se présentera d'elle-même si l'artiste, au lieu d'obéir à une préoccupation de formes antérieures, ne songe qu'à faire valoir par des profils et des ornements bien appropriés une combinaison rationnelle de bois.

Ainsi, plus nous avançons dans l'examen des industries où l'art doit intervenir, plus nous devons être convaincus que l'art consiste à mettre d'accord la beauté de la forme avec les propriétés des matériaux et avec les méthodes d'exécution que ces propriétés imposent. C'est à la fois la condition essentielle du progrès et la garantie nécessaire contre l'abus de l'imitation, à une époque où l'admiration mal entendue des formes anciennes entrave l'initiative de l'artiste, épuisant ses forces dans des pastiches sans valeur, là où il devrait tirer du sujet lui-même l'expression qui lui convient.

PROGRAMME, POUR L'ANNÉE 1898-99,

DES COURS PUBLICS ET GRATUITS DE HAUT ENSEIGNEMENT

DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS [1].

Géométrie appliquée aux Arts (les lundis et jeudis, à neuf heures). — M. A. Laussedat, professeur; M. P. Haag, professeur suppléant.

Grandeur et figure de la Terre. — Cartes géographiques et topographiques. — Instruments de lever et de nivellement. — Méthodes régulières, méthodes rapides, lever des plans à l'aide de la photographie. — Cadastre. — Étude des formes générales du terrain. — Tracé des voies de communication et des travaux d'art. — Calcul des surfaces, des déblais et des remblais. — État de la topographie et de la cartographie en France et à l'étranger.

Géométrie descriptive (les lundis et jeudis, à sept heures trois quarts). — M. E. Rouché, professeur.

La perspective pratique. — Propriétés projectives des figures. — Le trait de perspective et ses principales applications : Arcades, voûtes d'arête, moulures, escaliers, ombres, images réfléchies, etc. — Notions sur les bas-reliefs et les décors. — Le problème inverse de la perspective.

Mécanique appliquée aux Arts (les lundis et jeudis, à sept heures trois quarts). — M. J. Hirsch, professeur.

Les transports mécaniques sur voies de terre et voies navigables. — Moteurs à gaz, à pétrole. — Automobiles pour poids lourds, pour poids moyens; motocycles; vélocipèdes. — Traction mécanique sur les rivières, sur les canaux; machines marines.

Constructions civiles (les lundis et jeudis, à neuf heures). — M. J. Pillet, professeur.

Stabilité des constructions. — I. *Statique graphique :* Composition et décomposition des forces. — Moments d'inertie.

II. *Résistance des matériaux :* Compression et traction, glissement. — Flexion, torsion.

III. *Résistance et stabilité des organes isolés :* Poutres à une ou plusieurs travées. — Supports isolés.

IV. *Résistance et stabilité des systèmes d'organes :* Planchers, combles, arcs.

V. *Résistance et stabilité des massifs :* Poussée des terres, poussée des eaux; murs, voûtes.

---

[1] Tous ces cours ont lieu le soir et leur durée réglementaire s'étend du 3 novembre au 30 avril.

Physique appliquée aux Arts (les lundis et jeudis, à neuf heures). — M. J. Violle, professeur.

Électricité. — Lois fondamentales des phénomènes électriques et magnétiques. — Instruments de mesure. — Générateurs, accumulateurs et transformateurs. — Transport de l'énergie. — Télégraphie. — Téléphonie. — Oscillations électriques. — Éclairage. — Galvanoplastie.

Électricité industrielle (les mercredis et samedis, à sept heures trois quarts). — M. Marcel Deprez, professeur.

Étude des lois fondamentales de l'électricité et du magnétisme au point de vue spécial de leur application à l'industrie. — Lois de la transmission de l'énergie sous toutes ses formes au moyen de l'électricité. — Appareils destinés à la mesure des grandeurs électriques. — Théorie générale des machines destinées à produire un courant électrique au moyen d'un travail mécanique ou inversement.

Chimie générale dans ses rapports avec l'Industrie (les mercredis et samedis, à neuf heures). — M. É. Jungfleisch, professeur.

Chimie organique. — Généralités sur les composés du carbone ou composés organiques : Principes immédiats des êtres vivants; principes immédiats artificiels. — Méthodes générales. — Classifications. — Notions analytiques. — Histoire particulière des substances organiques les plus usitées : Carbures d'hydrogène, alcools, éthers, phénols, aldéhydes, acides, matières azotées, corps à fonctions mixtes; leur production, leurs propriétés, leurs réactions et leurs applications.

Chimie industrielle (les mardis et vendredis, à neuf heures). — M. N***, professeur.

Métallurgie et Travail des métaux (les mardis et vendredis, à sept heures trois quarts). — M. U. Le Verrier, professeur.

Propriétés des différents métaux et alliages métalliques. — Affinage des métaux. — Emploi des métaux dans l'industrie et spécialement dans la construction des machines.

Chimie appliquée aux industries de la Teinture, de la Céramique et de la Verrerie (les lundis et jeudis, à sept heures trois quarts). — M. V. de Luynes, professeur.

Matières colorantes naturelles et artificielles. — Étude chimique des fibres végétales et animales. — Opérations préliminaires de la teinture et de l'impression. — Blanchiment. — Mordants, épaississants. — Matériel de la teinture et de l'impression. — Des différents genres d'impression. — Papiers peints.

Chimie agricole et Analyse chimique (les mercredis et samedis, à sept heures trois quarts). — M. Th. Schlœsing, professeur; M. Th. Schlœsing fils, professeur suppléant.

I. *Atmosphère.* — Étude des éléments de l'atmosphère qui concourent à la nutrition des plantes: Oxygène; azote; acide carbonique; composés azotés; vapeur d'eau. — Poussières organisées de l'atmosphère; fermentations.

Sols. — Constitution; propriétés physiques; phénomènes chimiques et bactériologiques s'accomplissant dans les sols. — Notions sur le drainage et les irrigations.

II. *Analyse des sols. — Méthodes gazométriques.*

Agriculture (les mardis et vendredis, à neuf heures). — M. L. Grandeau, professeur.

Les végétaux de la grande culture. — *Céréales.* — Blé. — Seigle. — Avoine. — Orge. — Sarrasin. — Production du monde entier. — Production de la France. — Sol. — Préparation. — Choix des semences. — Fumures. — Procédés de culture et de récolte. — Conservation. — Consommation. — Commerce.

Résultats et discussion des six années de cultures expérimentales au Parc des Princes (1892-1897).

Filature et Tissage (les mardis et vendredis, à sept heures trois quarts). — M. J. Imbs, professeur.

Fibres textiles et fils. — Propriétés comparées des principales fibres. — Titrage des fils. — Appareils d'épreuve des fils. — Soie, magnaneries, filature et moulinage. — Extraction des grandes fibres végétales, peignage des longs brins. — Déchets de soie. — Fibres en masse confuse, laines et cotons. — Cardage et peignage. — Principes des étirages.

Économie politique et Législation industrielle (les mardis et vendredis, à sept heures trois quarts). — M. É. Levasseur, professeur.

Circulation des richesses. — La valeur. — La monnaie. — L'histoire des prix. — La cherté et le bon marché. — Le crédit, les banques et la circulation fiduciaire. — L'influence des moyens de communication. — Le commerce et les tarifs de douanes.

Économie industrielle et Statistique (les mardis et vendredis, à neuf heures). — M. André Liesse, professeur.

Consommation des richesses. — *Consommations privées.* — La population. — Nature des consommations. — Le luxe. — La vie autrefois et aujourd'hui. — Influences de certains impôts et en particulier des octrois sur les consommations.

Consommations publiques. — Les finances publiques. — Ressources: Impôts; emprunts. Budgets. Dépenses qui s'appliquent plus directement

au commerce et à l'industrie: Les travaux publics; l'enseignement technique et professionnel; etc.

Action réciproque de la consommation et de la production. — Tendance à l'équilibre.

STATISTIQUE. — Utilité de la statistique. — Définitions. — Historique. — Méthodes. — Observations. — Sources et moyens d'informations: Mercuriales; cotes; documents administratifs; enquêtes; questionnaires. — Groupement des faits. — Moyennes. — Grands nombres. — Critique des résultats. — Représentations en tableaux. — Graphiques. — La statistique en France.

Art appliqué aux métiers (les mercredis et samedis, à neuf heures). — M. N***, professeur.

Droit commercial (les mercredis, à neuf heures). — M. É. ALGLAVE, chargé de cours.

Les sociétés commerciales et particulièrement les grandes sociétés anonymes. — Leurs caractères juridiques. — Leur historique. — Leur rôle dans le mouvement industriel contemporain.

Économie sociale (les samedis, à neuf heures). — M. P. BEAUREGARD, chargé de cours.

L'ÉCONOMIE SOCIALE. — But, procédés.

LÉGISLATION DU SALAIRE ET DU CONTRAT DE TRAVAIL. — Droit commun et privilèges. — Délais de prévenance. — Rupture du contrat. — Marchandage. — *Truck system*. — Conseils de Prud'hommes. — Protection du salaire. — Saisie des salaires et *Homestead*. — Protection des femmes et des enfants. — Réglementation du travail. — Accidents. — Grèves, conciliation et arbitrage. — Le placement. — Syndicats professionnels, unions de syndicats. — Bourses de travail.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS

LE TOME DIXIÈME DE LA DEUXIÈME SÉRIE.

PLANCHES.

Paris. — Imprimerie Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.